



内生真菌SH09对丹参生长和活性成分积累的影响

吴思佳, 谢星光, 杨阳, 郑承剑, 韩婷

Effects of endophytic fungus SH09 on plant growth and accumulation of active components in *Salvia miltiorrhiza*

WU Sijia, XIE Xingguang, YANG Yang, ZHENG Chengjian, HAN Ting

在线阅读 View online: <http://yxsj.smmu.edu.cn/cn/article/doi/10.12206/j.issn.1006-0111.202108055>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

深绿木霉D16生物菌肥对丹参生长和次生代谢的影响

Effects of fungal biofertilizer from *Trichoderma atroviride* D16 on the growth and secondary metabolism of *Salvia miltiorrhiza*

药学实践杂志. 2019, 37(3): 216-221 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2019.03.005

丹参酮 II A对脑缺血后炎症反应影响机制的研究进展

Progress of tanshinone II A on the mechanism of inflammatory response after cerebral ischemia

药学实践杂志. 2018, 36(2): 108-111 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.02.003

泰山白首乌内生真菌多样性及其抗肿瘤活性研究

Anti-tumor activities of endophytes from *Cynanchum bungei* Decne.

药学实践杂志. 2021, 39(6): 542-548 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202108089

基于LC-MS技术的二氢丹参酮 I 抗肝纤维化肝脏代谢组学研究

Metabolomics study of dihydrotanshinone I on hepatic fibrosis with LC-MS technology

药学实践杂志. 2021, 39(5): 403-408, 471 DOI: 10.12206/j.issn.1006-0111.202101035

山楂饮片及类黑素对双歧杆菌和大肠杆菌体外生长的影响

Effects of hawthorn and melanoidins on the in-vitro growth of Bifidobacterium and E.coli

药学实践杂志. 2020, 38(2): 135-137, 165 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.201904129

共生真菌对植物抗旱性的影响及机制研究进展

The effects of symbiotic fungi on plant drought resistance and mechanisms

药学实践杂志. 2018, 36(5): 392-398 DOI: 10.3969/j.issn.1006-0111.2018.05.003



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

· 论著 ·

内生真菌 SH09 对丹参生长和活性成分积累的影响

吴思佳, 谢星光, 杨 阳, 郑承剑, 韩 婷 (海军军医大学药学院, 上海 200433)

[摘要] **目的** 研究内生真菌 *Epichloë bromicola* SH09 是否对丹参的生长和有效成分积累有促进作用, 以提高药用植物丹参的品质。**方法** 制备 *E. bromicola* SH09 固体菌肥, 与丹参苗共培养 60 d 和 120 d, 分别测定 *E. bromicola* 处理组和对照组丹参的 4 种形态指标、根的鲜重、根的干重及根中 4 种丹参酮含量和 2 种丹参酚酸含量。**结果** 共培养 60 d 和 120 d 后, *E. bromicola* SH09 可显著提高丹参苗分蘖数、株高、叶片数、叶面积、根鲜重、根干重及根中丹参酮和丹参酚酸的积累量。**结论** 内生真菌 *E. bromicola* SH09 能有效促进丹参生长发育和活性成分积累。本研究结果不仅有助于拓宽内生真菌新生态功能的研究, 同时有助于提高药用植物丹参的品质。

[关键词] 内生真菌; 形态指标; 丹参酮; 丹参酚酸

[中图分类号] S567.53 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1006-0111(2022)03-0213-05

[DOI] 10.12206/j.issn.1006-0111.202108055

Effects of endophytic fungus SH09 on plant growth and accumulation of active components in *Salvia miltiorrhiza*

WU Sijia, XIE Xingguang, YANG Yang, ZHENG Chengjian, HAN Ting (School of Pharmacy, Naval Medical University, Shanghai 200433, China)

[Abstract] **Objective** To study the effects of endophytic fungus *Epichloë bromicola* SH09 on the plant growth and accumulation of active components in *Salvia miltiorrhiza*, and improve the quality of medicinal plant *S. miltiorrhiza*. **Methods** *E. bromicola* SH09 solid bacterial fertilizer was prepared and co-cultured with *S. miltiorrhiza* for 60 d and 120 d. Four morphological indexes, fresh weight of roots, dry weight of roots, and the contents of four tanshinones and two phenolic acids in the roots of *S. miltiorrhiza* from treated group and control group were assayed, respectively. **Results** After 60 d and 120 d co-culture, *E. Bromicola* SH09 significantly increased the tiller number, plant height, leaf number, leaf area, fresh weight of roots, dry weight of roots, and the content of tanshinones and phenolic acids in *S. miltiorrhiz*. **Conclusion** The endophytic fungus *E. bromicola* SH09 can effectively promote the plant growth and improve the accumulation of active components in *S. miltiorrhiza*, which not only broadens the new ecological functions of endophytic fungi, but also improves the quality of medicinal plant *S. miltiorrhiza*.

[Key words] endophytic fungus; morphological index; tanshinone; phenolic acid

植物内生真菌与宿主植物共生, 可调节植物应对多种生物和非生物胁迫, 促进植物产次生代谢产物^[1-4]。除了对自身宿主植物的有益影响, 当前已有许多研究表明内生真菌对非宿主植物同样具有重要的生态功能, 如分离自短芒大麦草、麦草、醉马草的内生真菌 asexual *Epichloë gansuensis* 可显著改善老芒麦种子萌发并促进其生长^[5]; 分离自沙漠

植物的印度梨形孢 (*Piriformaspore indica*) 可促进药用植物丁香罗勒生长并减少叶和茎中熊果酸和齐墩果酸的积累^[6]; 分离自重阳木的内生真菌拟茎点霉 (*Phomopsis sp.*) 可加快药用植物苍术凋落物木质素的降解, 有助于减小连作障碍效应^[7]。这些现象为内生菌资源的新生态功能研究, 及其对非宿主药用植物的活性成分的研究提供了新的思路, 促使越来越多国内外的学者在这一领域开展相关研究。

中药丹参为唇形科植物丹参 *Salvia miltiorrhiza* 的干燥根和根茎^[8], 是一种被广泛应用于心脑血管疾病治疗的重要中药材^[9]。现代药理学研究表明, 丹参的主要活性成分为脂溶性的丹参酮类化合物和水溶性的丹参酚酸类化合物^[10]。本课题组前期

[基金项目] 国家自然科学基金 (81872953); 上海市浦江人才计划项目 (18PJJD061)

[作者简介] 吴思佳, 硕士研究生, 研究方向: 药用植物的品质优化, Email: sjjiawu@smmu.edu.cn

[通信作者] 郑承剑, 副教授, 研究方向: 中药及其内生菌的活性物质与功能, Email: cjzheng1984@126.com; 韩 婷, 教授, 研究方向: 中药活性物质及品质调控, Email: hanting@smmu.edu.cn

获得一种可促进模式植物拟南芥生长的内生真菌 *Epichloë bromicola* SH09。*E. bromicola* 是一种与冷季型牧草长期、永久共生的内生真菌,可导致禾草香柱病^[11-13],其对双子叶药用植物的生长和代谢是否有影响尚不明确。因此,本文主要探究内生真菌 *E. bromicola* SH09 是否可以促进模式药用植物丹参生长,增加其活性成分的积累,研究成果有助于理解内生真菌对非宿主植物产生的生态功能,并有助于丹参生物菌肥的栽培应用。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试菌肥

内生真菌 *E. bromicola* SH09 由本课题组保存。使用马铃薯葡萄糖固体培养基(PDA)活化 *E. bromicola* SH09 菌株,温度为 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ 。4 周后,在 PDA 平板上使用打孔器打孔,将 *E. bromicola* SH09 菌块转移至马铃薯葡萄糖培养基(PDB)进行扩大培养,条件为 25°C , 140 r/min。本研究所用的固体发酵培养基由 250 g 麦麸, 250 g 棉籽壳, 20 g 葡萄糖, 3 g KH_2PO_4 , 1.5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 加 1 L 去离子水组成,经 121°C , 30 min 高压灭菌后备用。接着将培养 7 d 的 *E. bromicola* SH09 培养液倒入含 40 g 固体培养基中(容器为 250 ml 培养瓶,图 1 C),用接种针混匀后划成 $1\text{ cm} \times 1\text{ cm}$ 方块, 25°C 条件下培养 3 周,得到表面长满菌丝的 *E. bromicola* SH09 固体菌肥(图 1A 菌株正面,图 1B 菌株背面)。

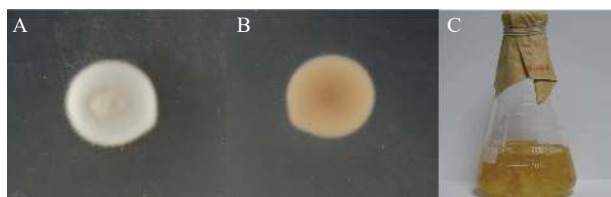


图 1 *E. bromicola* SH09 菌株和固体发酵菌肥

1.1.2 供试丹参

丹参种子来源于陕西省商洛市天士力丹参种植基地,经浙江中医药大学药学院院长秦路平教授鉴定。

1.1.3 标准品

二氢丹参酮 I、隐丹参酮、丹参酮 I、丹参酮 II A、迷迭香酸、丹酚酸 B 均购自成都曼思特生物科技有限公司,甲醇、乙腈为色谱纯。

1.2 *E. bromicola* 固体菌肥与丹参共培养

将丹参种子播种至润湿的混合栽培基质(腐殖土:蛭石=1:1)中,于 $22 \sim 24^\circ\text{C}$, 16/8 h 光照周期条

件培养 1 个月。选取长势相近的丹参苗,继续培养 20 d。选取 15 株 5 cm 左右高的丹参苗,随机分成 3 组,分别为对照组、菌肥处理 60 d 组、菌肥处理 120 d 组,每组 5 株,菌肥处理组于根部均匀撒 20 g *E. bromicola* SH09 固体菌肥,对照组于根部均匀撒 20 g 不含菌的固体菌种培养基。隔天浇水。

共培养至第 60 天和第 120 天分别收获丹参苗,测定植株的分蘖数、株高(以分蘖的长度作为株高)、叶数、叶面积作为形态指标;冲洗丹参根,拭去表面的水,称量鲜重;将新鲜的丹参根置于 50°C 烘箱干燥 1 周,称量干重;研磨干燥的丹参根,过 40 目筛,用于测定丹参酮和丹参酚酸含量。

1.3 丹参酮和丹参酚酸的 HPLC 分析方法

精密称取 0.20 g 丹参根粉末,加入 4 ml 甲醇浸泡过夜,500 W 超声提取 45 min,再用 $0.45\ \mu\text{m}$ 微孔滤膜过滤备用。利用 Agilent-1200 自动进样色谱仪,Agilent ZORBAX SB-C₁₈ (4.6 mm \times 250 mm, 5 μm) 色谱柱进行丹参酮和丹参酚酸的含量测定。色谱条件:流速为 0.8 ml/min;柱温为 30°C ;进样量为 20 μl ;检测波长为 280 nm;流动相为乙腈(A)-0.05%甲酸水(B);梯度洗脱:0~20 min, 20%~40% A; 20~21 min, 40%~80% A; 21~40 min, 80%~90% A; 40~45 min, 90%~20% A。分别进行重现性试验、精密度试验、稳定性试验、加样回收率试验,以验证分析方法的可行性。

1.4 数据处理

实验数据均以 $(\bar{x} \pm s)$ 的形式表示,利用 SPSS 22.0 软件进行统计分析,采用独立样本 *t* 检验法分析菌肥处理组和对照组的差异显著性($P < 0.05$)。

2 结果

2.1 *E. bromicola* 对丹参生长的影响

通过丹参苗的 4 个形态指标和丹参根的鲜重、干重 2 个指标,评价内生真菌 *E. bromicola* SH09 对丹参生长的影响。由图 2 可知,*E. bromicola* SH09 与丹参共培养 60 d 和 120 d 后,共培养组丹参苗的分蘖数(图 2C)、株高(图 2D)、叶片数(图 2E)、叶面积(图 2F)与对照组相比均显著增加。其中分蘖数在共培养 60 d 和 120 d 后分别是对照组的 1.48 和 2.29 倍;株高分别是对照组的 1.33 倍和 1.48 倍;叶片数分别是对照组的 1.33 倍和 2.37 倍;叶面积分别是对照组的 2.00 倍和 2.32 倍。

由图 3 可得,*E. bromicola* SH09 与丹参共培养 60 d 和 120 d 后,丹参根的生物量与对照组相比显著提高。其中,丹参根的鲜重在共培养 60 d 和 120 d

后分别是对照组的 2.11 和 2.16 倍(图 3A);干重分别是对照组的 3.06 倍和 2.73 倍(图 3B)。上述结果均表明内生真菌 *E. bromicola* SH09 可促进丹参苗的生长。

2.2 *E. bromicola* 对丹参活性成分积累的影响

测定丹参干燥根中 4 种丹参酮类成分和 2 种丹参酚酸类成分的含量,以探究 *E. bromicola* SH09 对丹参活性成分积累的作用。由图 4、图 5 可知,

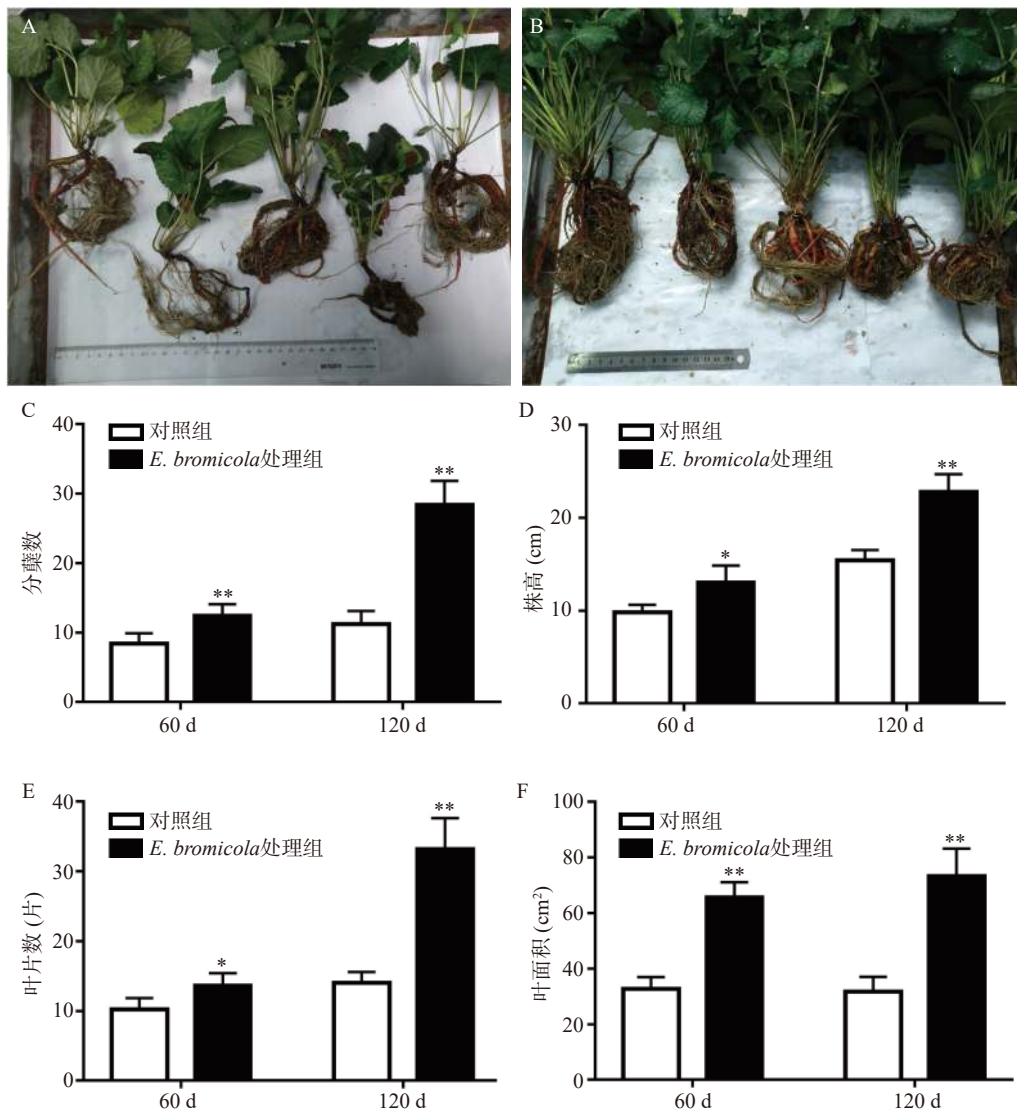


图 2 *E. bromicola* 对丹参苗生长的影响

注: A. 对照组丹参; B. 菌肥 60 d 处理组丹参; C. 分蘖数; D. 株高; E. 叶片数; F. 叶面积;

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

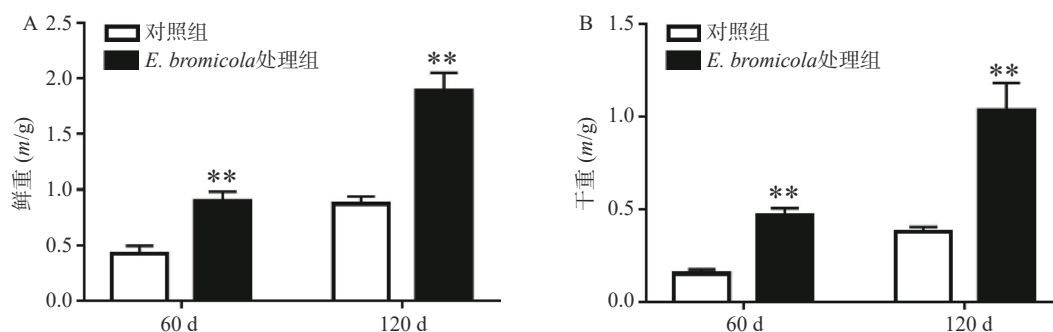


图 3 *E. bromicola* 对丹参苗生物量的影响

注: A. 鲜重; B. 干重; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

E. bromicola SH09 与丹参苗共培养 60 d 和 120 d 可显著促进丹参根中 4 种丹参酮类成分和 2 种丹参酚酸类成分的积累。对于丹参酮类成分,在共培养 60 d 和 120 d 后,共培养组隐丹参酮含量分别是对照组的 5.77 倍和 2.63 倍(图 4A);二氢丹参酮 I 含量在共培养 60 d 后是对照组的 2.57 倍,在共培养 120 d 后无显著差异(图 4B);丹参酮 I 含量分别是对照组的 2.49 倍和 2.29 倍(图 4C);丹参酮 IIA 含量分别是对照组的 3.44 倍和 2.13 倍(图 4D)。对于丹参酚酸类成分,在共培养 60 d 和 120 d 后,共培养组丹酚酸 B 含量分别是对照组的 1.76 倍和 1.32 倍(图 5A);迷迭香酸含量在共培养 60 d 后是对照组的 1.32 倍,而共培养 120 d 后与对照组无显著差异(图 5B)。综上可得,*E. bromicola* SH09 可

促进丹参根中丹参酮类和丹参酚酸类成分的积累。

3 讨论

由于丹参对心脑血管疾病有显著疗效,丹参相关制剂在全球范围有较高需求量。然而现产丹参多为栽培种,不同产区品质参差不齐,且生长周期长达 2 年,因此我们亟需对其传统培育技术进行改良,以得到高产、稳产的优质丹参^[14-15]。植物内生真菌普遍存在于植物健康组织中^[4],已有研究表明,内生真菌可以通过促进药用植物的生长发育和次生代谢产物积累,从而提高药用植物品质^[16-18]。本研究探究了内生真菌 *E. bromicola* SH09 对丹参生长及其活性成分丹参酮和丹参酚酸积累的影响。

研究结果显示,*E. bromicola* SH09 与丹参苗共

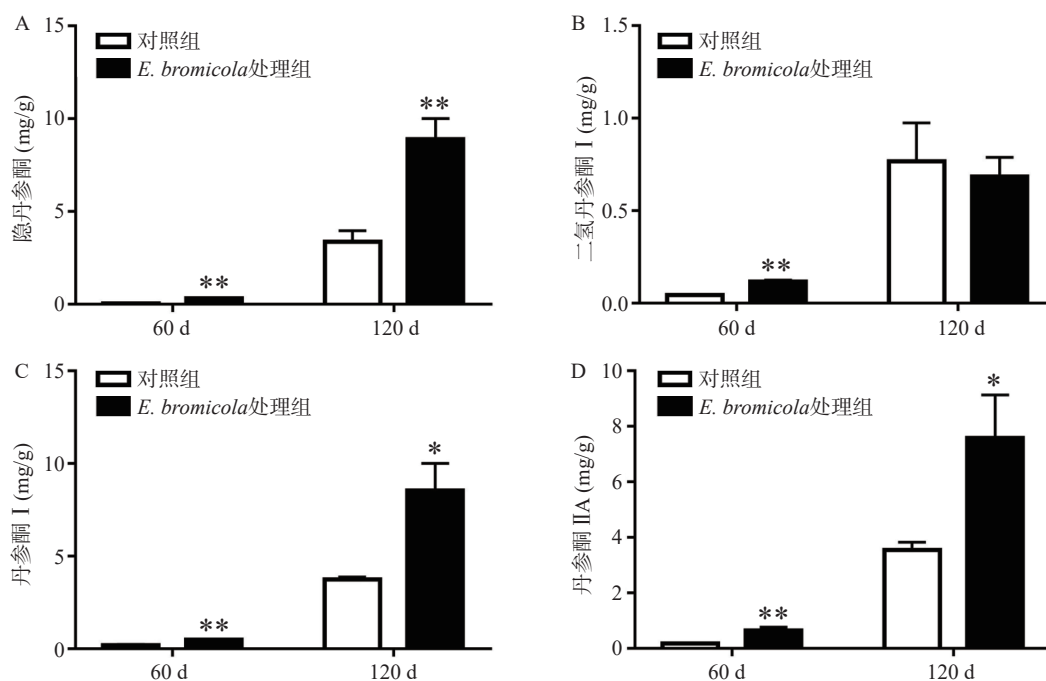


图 4 *E. bromicola* 对丹参根中丹参酮类成分的影响

注: A. 隐丹参酮; B. 二氢丹参酮 I; C. 丹参酮 I; D. 丹参酮 IIA; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

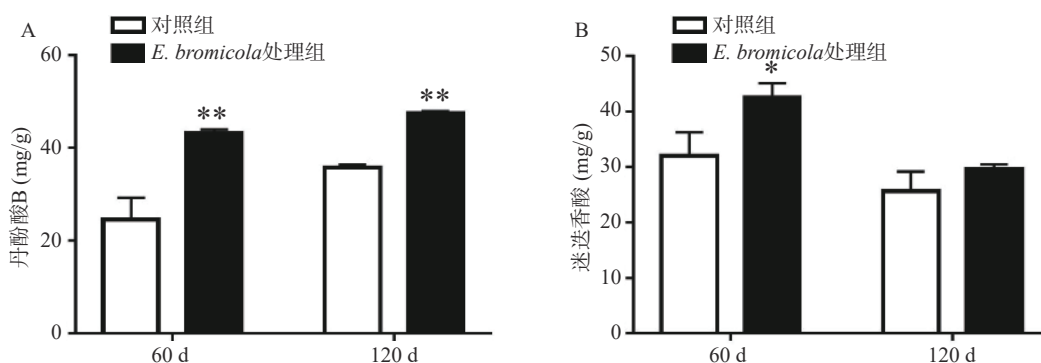


图 5 *E. bromicola* 对丹参根中丹参酚酸类成分的影响

注: A. 丹酚酸 B; B. 迷迭香酸; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, 与对照组比较

生2个月和4个月后,分蘖数、株高、叶片数、叶面积以及鲜重、干重均较对照组显著提高,且分蘖数、株高、叶片数、叶面积、鲜重的促进程度(与对照组相比)均随着培养的时间延长而增加。已有研究表明内生真菌深绿木霉 D16 菌肥可有效促进药用植物丹参的生长及其活性成分丹参酮的积累^[3],5、15、25 g D16 菌肥分别培养丹参4个月后,3种浓度的菌肥对丹参干重的促进程度均不及本研究 *E. bromicola* SH09 对丹参干重的促进程度。但 D16 菌肥培养丹参6~8个月时,丹参苗快速生长,15 g D16 培养丹参8个月后,其干重高达对照组的5.61倍。*E. bromicola* SH09 与丹参苗共生2个月和4个月后,丹参酮(隐丹参酮、二氢丹参酮 I、丹参酮 I、丹参酮 IIA)和丹参酚酸(丹酚酸 B、迷迭香酸)含量均被显著增加,其中隐丹参酮、丹参酮 I、丹参酮 IIA 和丹酚酸 B 的积累被持续促进。D16 与丹参共培养后和 *E. bromicola* SH09 有类似作用,且该作用在共培养6个月后达到峰值。丹参是多年生植物,故 *E. bromicola* SH09 在4个月后如何影响丹参的生长和活性成分积累有待进一步研究。

目前,内生真菌对非宿主药用植物的作用研究仍不够深入。内生真菌可能通过促光合作用促进药用植物生长,通过介导植物体内信号分子、酶基因、植物激素等调节药用植物次生代谢,从而提高药用植物的品质。有研究表明,毛竹的3种内生菌均可提高叶绿素含量,促进光合作用,以促进毛竹生长^[19];地黄内生真菌 GG22 通过诱导茉莉酸合成关键基因的表达上调地黄中茉莉酸类物质^[20];丹参内生真菌 U104 通过上调丹参酮生物合成途径的关键酶基因促进丹参酮的积累^[21];转录组和蛋白质组学共同揭示了丹参内生真菌制备的诱导子通过调节钙离子、氧化应激、乙烯、茉莉酸、水杨酸等信号转导过程影响丹参酮和丹参酚酸的代谢^[22];并有研究推测药用植物龙胆的3种木霉属内生菌通过改变龙胆中超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物的酶活性提高植物抗病性^[23]。然而,*E. bromicola* SH09 具体通过怎样的途径促进丹参生长和活性成分积累,也有待更深层的研究。

【参考文献】

- [1] YAN L, ZHU J, ZHAO X, et al. Beneficial effects of endophytic fungi colonization on plants[J]. Appl Microbiol Biotechnol, 2019, 103(8): 3327-3340.
- [2] DING C H, WANG Q B, GUO S, et al. The improvement of bioactive secondary metabolites accumulation in *Rumex gmelini* Turcz through co-culture with endophytic fungi[J]. Braz J Microbiol, 2018, 49(2): 362-369.
- [3] 叶冰竹, 翟欣, 秦路平, 等. 深绿木霉 D16 生物菌肥对丹参生长和次生代谢的影响[J]. 药学实践杂志, 2019, 37(3): 216-221.
- [4] JIA M, CHEN L, XIN H L, et al. A friendly relationship between endophytic fungi and medicinal plants: a systematic review[J]. Front Microbiol, 2016, 7: 906.
- [5] LI X Z, SONG M L, YAO X, et al. The effect of seed-borne fungi and *Epichloë* endophyte on seed germination and biomass of *Elymus sibiricus*[J]. Front Microbiol, 2017, 8: 2488.
- [6] 刘江澜, 刘晨, 董桥, 等. 印度梨形孢接种对丁香罗勒气体交换、生物量累积及其次生代谢物含量的影响[J]. 江西农业学报, 2021, 33(6): 19-24.
- [7] 陈晏, 戴传超, 王兴祥, 等. 施加内生真菌拟茎点霉(*Phomopsis* sp.)对茅苍术凋落物降解及土壤降解酶活性的影响[J]. 土壤学报, 2010, 47(3): 537-544.
- [8] 国家药典委员会. 中国药典2020年版. 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020:1088.
- [9] WANG L, MA R, LIU C, et al. *Salvia miltiorrhiza*: a potential red light to the development of cardiovascular diseases[J]. Curr Pharm Des, 2017, 23(7): 1077-1097.
- [10] DU Q, LI C, LI D, et al. Genome-wide analysis, molecular cloning and expression profiling reveal tissue-specifically expressed, feedback-regulated, stress-responsive and alternatively spliced novel genes involved in gibberellin metabolism in *Salvia miltiorrhiza*[J]. BMC Genomics, 2015, 16: 1087.
- [11] RECTOR B G, CZARNOLESKI M, SKORACKA A, et al. Change in abundance of three phytophagous mite species (Acari: Eriophyidae, Tetranychidae) on quackgrass in the presence of choke disease[J]. Exp Appl Acarol, 2016, 70(1): 35-43.
- [12] GROPE K, STEINGER T, SANDERS I, et al. Interaction between the endophytic fungus *Epichloë bromicola* and the grass *Bromus erectus*: effects of endophyte infection, fungal concentration and environment on grass growth and flowering[J]. Mol Ecol, 1999, 8(11): 1827-1835.
- [13] SHI C, AN S, YAO Z, et al. Toxin-producing *Epichloë bromicola* strains symbiotic with the forage grass *Elymus dahuricus* in China[J]. Mycologia, 2017, 109(6): 847-859.
- [14] 陈晓玉, 贺超, 闫滨滨, 等. 丹参主产区栽培技术差异性调查分析[J]. 中国中药杂志, 2019, 44(7): 1314-1320.
- [15] 赵魁, 郭晓恒, 宋杰, 等. 全国丹参生产现状的调查和分析[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(9): 2307-2310.
- [16] 郭婷婷. 红景天抗氧化活性内生真菌对宿主化学成分积累的影响[D]. 太原: 山西大学, 2015: 58.
- [17] YE H T, LUO S Q, YANG Z N, et al. Endophytic fungi stimulate the concentration of medicinal secondary metabolites in *Houttuynia cordata* thunb[J]. Plant Signal Behav, 2021, 16(9): 1929731.
- [18] KHAN A L, AL-HARRASI A, AL-RAWAHI A, et al. Endophytic fungi from frankincense tree improves host growth and produces extracellular enzymes and indole acetic acid[J]. PLoS One, 2016, 11(6): e0158207.

阻力。在显微标准的制定中,第一,须展开药材市场调研,掌握流通的药材常见混伪品情况,并据此开展显微鉴别研究,参考国内外专业文献,制定专属性显微标准,做到标准专属性强,重要显微特征不遗漏且描述准确。第二,制定的标准须符合国内中药企业的实际情况,在国内大多数中药企业无石蜡切片机或冷冻切片机的情况下,减少收录横切面菊糖、淀粉粒、橙皮苷结晶等稳定性重现性不足的显微特征。第三,中药显微特征描述具有较大的主观性,其描述常常不统一,作为科学严谨的药典,其内容需规范统一,避免在执行过程中产生误解。

致谢:本文在写作过程中得到安徽中医药大学周建理老师、北京大学李耀利老师、天士力医药集团股份有限公司肖寒老师以及广西壮族自治区食品药品检验所黄清泉老师的指导,在此表示感谢!

【参考文献】

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(2020年版): 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
 - [2] 国家药品监督管理局. 国家药监局关于实施2020年版《中华人民共和国药典》有关事宜的公告(2020年第80号)[EB/OL]. (2020-07-03)[2021-03-01]http://www.nmpa.gov.cn/WS04/CL2138/378562.html
 - [3] 王雨青, 刘金凤, 于佳禾, 等. 2020年版《中国药典》中收录的多基原中药材鉴别的研究现状、问题及对策[J]. 华西药学杂志, 2021, 36(2): 214-222.
 - [4] 孟虎彪. 药材“性状—显微—生态—遗传”特征知识库构建与知识发现研究[D]. 中国中医科学院, 2020.
 - [5] 康廷国主编. 中药鉴定学[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2016: 39.
 - [6] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典中药材显微鉴别彩色图鉴[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 216.
 - [7] 王琦. 郁金的品种品质研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2005.
 - [8] 徐国钧主编. 中药材粉末显微鉴定[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1986: 108.
 - [9] 赵中振, 陈虎彪主编. 中药显微鉴定图典[M]. 福州: 福建科技出版社, 2016: 14.
 - [10] 周光春, 贾敏如. 滇产厚朴花的生药学研究[J]. 中国中药杂志, 1990(10): 7-11.
 - [11] 肖培根主编. 新编中药志: 第一卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 61-65.
 - [12] 朱建华, 肖英华, 熊丽. 土茯苓及其混伪品的生药鉴别[J]. 中药材, 1995(5): 236-239.
 - [13] 徐国钧, 徐珞珊, 王铮涛主编. 常用中药材品种整理和质量研究[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 1999: 710-717.
 - [14] 贾敏如, 吕长宝. 味连根茎髓部石细胞的确认[J]. 中国中药杂志, 1990(0): 9-10.
 - [15] 杨靖雯, 崔旭盛, 陈静, 等. 区分味连和雅连的显微鉴别研究[J]. 时珍国医国药, 2020, 31(2): 356-357.
 - [16] 黄天山, 欧阳志, 侯惠婵. 2020年版《中国药典》天南星等多基原药材显微特征的商榷[J]. 广东药科大学学报, 2021, 37(2): 47-51.
- [收稿日期] 2021-03-26 [修回日期] 2021-10-18
[本文编辑] 李睿旻
-
- (上接第 217 页)
- [19] YUAN Z S, LIU F, XIE B G, et al. The growth-promoting effects of endophytic bacteria on *Phyllostachys edulis*[J]. *Arch Microbiol*, 2018, 200(6): 921-927.
 - [20] 彭淑萍, 董诚明, 朱响昊. 响应内生菌侵染的两个地黄茉莉酸合成关键基因的克隆与表达分析[J]. *植物研究*, 2021, 41(2): 294-301.
 - [21] JIANG Y, WANG L, LU S, et al. Transcriptome sequencing of *Salvia miltiorrhiza* after infection by its endophytic fungi and identification of genes related to tanshinone biosynthesis[J]. *Pharm Biol*, 2019, 57(1): 760-769.
 - [22] 明乾良. 内生真菌对丹参毛状根生长和次生代谢的影响及其分子机制[D]. 上海: 第二军医大学, 2014: 179.
 - [23] WANG D, WANG H, LI J, et al. Investigating the role of endophytic fungi in *Gentiana scabra* bge. by cross-growth period inoculation[J]. *Indian J Microbiol*, 2018, 58(3): 319-325.
- [收稿日期] 2021-08-12 [修回日期] 2021-12-10
[本文编辑] 李春德