

究还发现,随处理时间延长,5种化感物质对3种酶活性的影响也有变化,但酶活性与处理时间无明显相关性。笔者研究还发现,对照处理3种酶活性也随处理时间的延长而变化。张国华等^[28]和吴凤芝等^[31]的研究结果均表明,对照组的保护性酶活性会随处理时间延长而发生明显改变。

参考文献:

- [1] 郭淑华,王玉香,耿运琪,等.栽参对土壤微生物生态的影响[J].生态学报,1990,10(3):286-287.
- [2] 安秀敏,王秀全,刘兆娟,等.老参地栽参的研究进展[J].吉林农业大学学报,1997,19(增刊):89-92.
- [3] 韩东,雷军,杨继祥.老参地问题的研究进展[J].人参研究,1998(2):2-5.
- [4] 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪,等.苍术根茎及根际土水提物生物活性研究及化感物质的鉴定[J].生态学报,2006,26(2):528-535.
- [5] 陈龙池,廖利平,汪思龙,等.根际分泌物生态学研究[J].生态学杂志,2002,21(6):57-62.
- [6] 史刚荣.植物根系分泌物的生态效应[J].生态学杂志,2004,23(1):97-101.
- [7] 王今雄,傅学奇,李铁津.人参种子生长抑制物质的特性及其分离鉴定[J].吉林大学自然科学学报,1994(1):94-95.
- [8] 陈长宝,刘继永,王艳艳,等.人参根际化感作用及其对种子萌发的影响[J].吉林农业大学学报,2006,28(5):534-537.
- [9] 陈长宝,王艳艳,刘继永,等.人参根际土壤中化感物质鉴定[J].特产研究,2006,28(2):12-14.
- [10] 陈长宝,许世泉,刘继永,等.人参化感物质对人参愈伤组织生长的影响[J].同济大学学报:医学版,2006,27(5):37-38.
- [11] 许世泉,艾军,王英平,等.人参化感物质对人参根尖组织结构的影响研究[J].特产研究,2007(2):36-38.
- [12] 李勇,朱殿龙,黄小芳,等.不同土壤提物对人参种子生长抑制作用的初步研究[J].中草药,2008,39(7):1070-1074.
- [13] 李勇,黄小芳,丁万隆,等.不同土壤提取物的化感效应及其化学组成研究[J].生态环境,2008,17(3):1173-1178.
- [14] 杜玲,曹光球,林思祖,等.根际土壤提取物对杉木种子发芽的化感效应[J].西北植物学报,2003,23(2):323-327.
- [15] 曹光球,林思祖,王爱萍,等.松根化感物质的生物活性评价与物质鉴定[J].应用与环境生物学报,2005,11(6):

- 686-689.
- [16] 王玉洁,郁继华,张韵,等.两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响[J].甘肃农业大学学报,2007,42(3):47-50.
- [17] 郁继华,张韵,牛彩霞,等.化感物质对茄子幼苗光合作用及叶绿素荧光参数的影响[J].应用生态学报,2006,17(9):1629-1632.
- [18] 宋亮,潘开文,王进闯,等.酚酸类物质对苜蓿种子萌发及抗氧化酶活性的影响[J].生态学报,2006,26(10):3393-3403.
- [19] 李勇,黄小芳,丁万隆.营养元素亏缺对人参根系分泌物主成分的影响[J].应用生态学报,2008,19(8):1688-1693.
- [20] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [21] Cakmak I, Marschner H. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, and glutathione reductase in bean leaves[J]. Plant Physiol, 1992, 98: 1222-1227.
- [22] 张志良,瞿伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [23] Baziramakenga R, Simard R R, Leroux G D. Effects of benzoic and cinnamic acids on membrane permeability of soybean roots[J]. J Chem Ecol, 1995, 21: 1271-1285.
- [24] Fang C X, Xiong J, Qiu L, et al. Analysis of gene expressions associated with increased allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.) induced by exogenous salicylic acid[J]. Plant Growth Regul, 2009, 57: 163-172.
- [25] Bi H H, Zeng R S, Su L M, et al. Rice allelopathy induced by methyl jasmonate and methyl salicylate[J]. J Chem Ecol, 2007, 33: 1089-1103.
- [26] 付士磊,周永斌,王森,等.外源NO和ABA对杨树气孔运动和SOD及POD活性的影响[J].沈阳农业大学学报,2004,35(1):29-32.
- [27] 林文雄,何华勤,郭玉春,等.水稻化感作用及其生理生化特性的研究[J].应用生态学报,2001,12(6):871-875.
- [28] 张国华,云兴福.西芹鲜根浸提液对黄瓜叶片内POD和CAT活性的影响[J].内蒙古农业大学学报,2008,29(2):37-42.
- [29] Politycka B. Free and glucosylated phenolics, phenol β -glucosyltransferase activity and membrane permeability in cucumber roots affected by derivatives of cinnamic and benzoic acid[J]. Acta Physiol Plant, 1997, 19(3): 311-317.
- [30] 林群慧,何华勤,林文雄.水稻化感物质作用特性的研究[J].中国生态农业学报,2001,9(1):84-85.
- [31] 吴凤芝,黄彩红,赵凤艳.酚酸类物质对黄瓜幼苗生长及保护酶活性的影响[J].中国农业科学,2002,35(7):821-825.

明党参内生真菌种群的生态分布及其诱导子活性研究

江曙,段金廛,陶金华,严辉,郑建兵

(南京中医药大学,江苏南京 210046)

摘要:目的 研究不同产区、不同生长期明党参内生真菌的种群结构与生态分布,以及内生真菌诱导子对明党参细胞生长与多糖积累的影响。方法 采用微生物分离、培养与鉴定等生物学方法、植物细胞悬浮培养方法以及统计分析方法。结果 从4个产地明党参植株中共分离到8属116株内生真菌,其中镰孢属(*Fusarium* L K ex FR)、地霉属(*Geotrichum* L K)和链格孢属(*Alternaria* Nees)为优势种群。随着明党参生长期的不同,内生真菌种群结构出现明显的动态变化。在苗期和孕蕾期,内生真菌种群丰富,数量较多,尤其是在孕蕾期3种优势种群的分离率和分离频率分别达到30%和19%以上。部分内生真菌种群还具有明显的区域专一性和组织专一性。此外,内生真菌 *Fusarium* sp. 3 诱导子处理组,明党参细胞生长量和多糖量分别比对照提高了31.86%和38.01%。结论 明党参内生真菌具有丰富的生物多样性,种群结构及分布与其生态环境具有密切相关性,且部分明党参

① 收稿日期:2009-03-10
基金项目:江苏省自然科学基金(BK2007241);南京中医药大学青年科学基金(09XZR19);江苏省方剂研究重点实验室资助项目
作者简介:江曙,男,博士,副教授,主要从事微生物与中药品质的相关研究。E-mail:jiangshu1970@yahoo.com.cn

内生真菌诱导子对其细胞生长和多糖积累均具有显著的促进作用。

关键词:明党参;内生真菌;生态分布;诱导子

中图分类号:R282.15

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2010)01-0121-05

Ecological distribution and elicitor activities of endophytic fungi in *Changium smyrnioides*

JIANG Shu, DUAN Jin-ao, TAO Jin-hua, YAN Hui, ZHENG Jian-bing

(Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210046, China)

Abstract : Objective The population structure and ecological distribution of endophytic fungi in *Changium smyrnioides* from the different habitats and growing phases, and the effects of fungal elicitor on the cell biomass and polysaccharide accumulation were studied in this paper. **Methods** The isolation, culture, and identification of microorganism, and plant cell suspension culture technology were adopted; And relative data were analyzed by the statistical methods. **Results** In four producing areas, 116 strains were isolated and classified into eight genera. The dominant populations were *Fusarium* L K ex FR, *Geotrichum* L K, and *Alternaria* Nees. The population structure of endophytic fungi obviously changed at the different growing phases. Species and quantity of endophytic fungi were plentiful at the seedling stage and bud stage, and especially at the bud stage the isolation rate and isolation frequency were more than 30% and 19%, respectively. Some endophytic fungi had the obvious area and tissue specificity. Compared with the control by adding the elicitor of *Fusarium* sp. 3, the yields of cell biomass and polysaccharide were increased to 31.86% and 38.01%, respectively. **Conclusion** Endophytic fungi in *C. smyrnioides* have abundant biodiversity. And there is close relationship between the population structure and distribution of endophytic fungi with ecological conditions. And fungal elicitors could obviously enhance the yields of cell biomass and polysaccharide of *C. smyrnioides*.

Key words : *Changium smyrnioides* Wolff; endophytic fungi; ecological distribution; elicitor

明党参是我国特有的伞形科明党参属的单种属植物,属于国家三级重点保护植物,始见于《本草纲目拾遗》。其药材是《中国药典》收载的常用中药,18世纪以后逐步形成江苏道地药材。我国华东地区的浙、皖、苏为其主产区,明党参以根入药,具有益气、生津、润肤、祛痰之功效,并有滋补强壮作用,现代研究表明明党参多糖是其主要活性成分之一^[1]。近年来,由于人为过度采挖及对生境的破坏,使明党参的分布区和个体数量日益减少,其种群呈现明显衰退倾向。此外,明党参自身的生物学特性如种子产量少、幼苗成活率低、种群自身恢复能力差等原因,也是明党参种群难以扩大而导致濒危的重要原因之一^[2]。目前国内外对于明党参的研究大多集中于生物学特性、遗传多样性、系统进化、药理药效分析以及外部环境(气候因子、光照、土壤、水分)等方面,而忽视了明党参植物体内环境的作用,尤其是明党参内生真菌种群结构与功能的研究均未见报道^[3,4]。通过研究内生真菌在明党参植株中的种群结构与生态分布,以及内生真菌诱导子对明党参悬浮培养细胞生长及其多糖积累的影响,从而为后续深入研究内生真菌与明党参的相互

作用奠定基础,并为明党参野生种质资源的保护及其可持续利用探索新的途径。

1 材料

1.1 明党参新鲜植株:明党参采自江苏南京、江苏句容、安徽安庆、浙江杭州等地区,经南京中医药大学药学院陈建伟教授鉴定为伞形科植物明党参 *Changium smyrnioides* Wolff 的新鲜植株。

1.2 培养基:PDA 培养基^[5],内生真菌发酵培养基^[6]。

1.3 仪器与设备:培养箱(BMJ100,上海博讯实业有限公司),高压蒸气灭菌器(MLS-3750,日本三洋),单人水平垂直两用净化工作台(SW-CJ-1FB,苏州净化设备有限公司)。

2 方法

2.1 内生真菌的分离与纯化:采集明党参新鲜植株外植体(根、茎、叶等),用自来水反复冲洗后,切割成小段,按下列程序进行表面消毒:0.1%升汞消毒5~8 min,无菌水冲洗3次后,再用75%酒精消毒20 s,无菌水冲洗3次后,将消毒后的外植体剪切成0.3~0.5 cm小片,接种于PDA平皿上,28℃培养8~10 d,待样品边缘有菌丝长出,切取组织块边缘

菌丝继续培养,不断转接分离,直至纯化。

2.2 内生真菌的鉴定:采用插片培养和点植法,对分离获得的明党参内生真菌进行菌落形态、显微形态特征的观察、分类鉴定^[7]。

2.3 统计分析:选取明党参不同部位的组织块各 200 个,进行内生真菌的分离、鉴定和统计分析,并按照以下方法计算分离率和分离频率^[8,9]。

2.3.1 分离率(isolation rate, IR):是指某一类型内生真菌菌株数占分离样品总数百分率。

2.3.2 分离频率(isolation frequency, IF):是指某一类型内生真菌的菌株数占分离得到的总内生真菌菌株数的百分率,用来判断该类型真菌是否为植物内生真菌的优势菌群。

2.4 明党参细胞悬浮培养体系的建立^[10]:选取生长健壮的明党参幼嫩叶柄接种于含有不同植物激素的 MS 培养基中,诱导愈伤组织的形成,并选取质地疏松的愈伤组织约 2.0 g,接种于装有 300 mL MS 液体培养基的 1 000 mL 三角瓶中,25 °C,120 r/min 悬浮振荡培养。5 d 继代 1 次,连续继代 2~3 次,将细胞悬浮培养物用 80 目镍网滤过,滤液分装后继续培养,作为起始悬浮培养液。

2.5 内生真菌诱导子的制备及其对明党参悬浮培养细胞生长与多糖积累的影响:将内生真菌接入 50 mL 发酵培养液中,28 °C,200 r/min 振荡培养 7 d,发酵结束后,5 000 r/min 离心 10 min,分离菌体和发酵液,菌体匀浆后,与发酵液混合,抽滤,将滤液减压浓缩至 10 mL,于 121 °C 灭菌 20 min,得内生菌诱导子粗提物。在 50 mL 明党参细胞悬浮培养液中添加 3 mL 内生真菌诱导子粗提物,每种处理重复 5 次,同时设空白对照(即添加相应体积的蒸馏水),培养至 21 d 时,将细胞培养液进行离心(5 000 r/min, 10 min)后,于 60 °C 烘干,测定细胞干质量;多糖量测定采用蒽酮-硫酸比色法。对各组处理的细胞干质量和多糖量分别进行 *t* 检验,确定各处理组与对照之间是否存在显著或极显著性差异,试验结果以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示。

3 结果与分析

3.1 明党参内生真菌的种群构成:从明党参植株中分离获得内生真菌 116 株,经菌落形态、显微形态观察,鉴定为 2 纲,3 目,1 群,5 科,8 属。明党参内生真菌的种群组成在目的分类水平上以丛梗孢目(Moniliales)为优势种群,共 93 株,占总菌株数的 80.2%;在属的分类水平上以镰孢属(*Fusarium* L K ex FR.)、地霉属(*Geotrichum* L K)和链格孢

属(*Alternaria* Nees)为优势种群,分别占总菌株数的 30.2%、22.4%和 16.4%(表 1)。

表 1 明党参内生真菌的种群构成

Table 1 Population composition of endophytic fungi of *C. smyrnioides*

纲	目	科	属	菌株数	IF/ %
半知菌	丛梗孢目	瘤座孢科(Tuberculariaceae)	镰孢属	35	30.2
			木霉属	8	6.9
		丛梗孢科(Moniliaceae)	地霉属	26	22.4
			链格孢属	19	16.4
		暗梗孢科(Dematiaceae)	葡萄孢属	5	4.3
			丝核菌属	6	5.2
子囊菌	多腔菌目	痂囊腔菌科(Elsinoaceae)	痂囊腔菌属	6	5.2
			拟青霉属	11	9.5
		曲霉科(Eurotiaceae)			

3.2 明党参不同部位内生真菌种群分析:明党参不同组织部位内生真菌的种群分布和数量等方面都存在一定的差异,从其茎中分离到的内生真菌在种类与数量上较为丰富。明党参根中分布 5 属 28 株内生真菌;茎中分布 6 属 69 株内生真菌,叶片中分布 5 属 19 株内生真菌。虽然优势种群在各个部位都有分布,但在不同组织中分布不平均,如镰孢属、地霉属和链格孢属均集中分布于茎中。丝核菌属和拟青霉属分别在明党参的根部和叶片中具有比较高的分离率和分离频率,也分别是这两个组织部位的优势种群之一。此外,有些种群还存在明显的组织特异性,如丝核菌属(*Rhizoctonia* DC. ex FR.)仅分布于根中,痂囊腔菌属(*Elsinoe* Racib.)和葡萄孢属(*Stemphylium* Wallr.)只在茎中分离得到,而拟青霉属(*Penicillium* Solms Laubach)仅存在于叶片中(表 2)。

表 2 明党参不同部位内生真菌种群分布

Table 2 Population distribution of endophytic fungi from different tissues of *C. smyrnioides*

属 名	根		茎		叶片	
	IR/ %	IF/ %	IR/ %	IF/ %	IR/ %	IF/ %
镰孢属	21.2	28.6	58.6	36.2	19.8	10.5
木霉属	2.3	7.1	4.5	7.2	1.6	5.3
地霉属	11.7	28.6	38.6	23.2	8.6	10.5
链格孢属	10.6	14.3	43.5	18.8	7.9	10.5
葡萄孢属	-	-	9.6	5.8	-	-
丝核菌属	10.8	21.4	-	-	-	-
痂囊腔菌属	-	-	2.1	8.7	-	-
拟青霉属	-	-	-	-	36.1	63.2

3.3 明党参不同生长期内生真菌种群的动态变化:在明党参不同的生长期,内生真菌种类和数量出现动态变化,分离率及分离频率也随明党参发育的不同而变化。幼苗期的内生真菌种群及数量都较少;在苗期和孕蕾期,内生真菌的种群丰富,数量较多,分布普遍,尤其是在孕蕾期共分离到 8 属 47 株的内

生真菌,优势种群镰孢属、地霉属和链格孢属的分离率均在 30 % 以上,分离频率均在 19 % 以上(表 3)。

表 3 明党参不同生长期内生真菌种群的动态变化

Table 3 Population dynamic change of endophytic fungi of *C. smyrnioides* at different growing stages

属 名	幼苗期		苗期		孕蕾期		果熟期	
	IR/ %	IF/ %	IR/ %	IF/ %	IR/ %	IF/ %	IR/ %	IF/ %
镰孢属	1.5	40.0	21.6	28.6	41.8	31.9	27.4	27.3
木霉属	-	-	9.5	9.5	12.2	6.4	10.3	4.5
地霉属	1.6	20.0	23.7	21.4	36.9	21.3	21.6	27.3
链格孢属	1.2	20.0	20.9	16.7	35.6	19.1	18.5	9.1
葡萄孢属	-	-	10.2	7.1	11.6	4.3	-	-
丝核菌属	-	-	8.8	4.8	9.2	4.3	9.5	9.1
痂囊腔菌属	-	-	7.0	2.4	7.2	4.3	7.8	13.6
拟青霉属	0.8	20.0	12.2	9.5	14.6	8.5	12.8	9.1

3.4 不同产区明党参内生真菌种群分析:由于受气候等环境条件的影响,不同地区明党参内生真菌种群分布和数量存在差异。气候条件、生态环境相似度大的江苏地区,内生真菌种群和数量分布基本相似。优势种群种类和数量以江苏地区最为丰富,部分内生真菌具有一定的地域专一性,如痂囊腔菌属内生真菌仅分布于江苏地区,而浙江杭州地区却未分离到丝核菌属的内生真菌(表 4)。

表 4 不同产区明党参内生真菌种群分析

Table 4 Population comparison of endophytic fungi of *C. smyrnioides* from different habitats

属 名	江苏南京		江苏句容		安徽安庆		浙江杭州	
	菌株数	IF/ %	菌株数	IF/ %	菌株数	IF/ %	菌株数	IF/ %
镰孢属	12	33.3	11	33.3	7	28.0	5	22.7
木霉属	2	5.6	1	3.0	3	12.0	2	9.1
地霉属	9	25.0	7	21.2	5	20.0	5	22.7
链格孢属	5	13.9	5	15.2	5	20.0	4	18.2
葡萄孢属	-	-	-	-	2	8.0	3	13.6
丝核菌属	2	5.6	3	9.0	1	4.0	-	-
痂囊腔菌属	3	8.3	3	9.0	-	-	-	-
拟青霉属	3	8.0	3	9.0	2	8.0	3	13.6
合计	36	100	33	99.7	25	100	22	99.9

3.5 内生真菌诱导子对明党参悬浮培养细胞生长及其多糖积累的影响:通过在明党参细胞培养液中添加不同内生真菌诱导子,考察其对细胞生长与多糖积累的影响。从表 5 得知明党参内生真菌种群中已筛选到 7 株内生真菌,其诱导子对明党参细胞生长和多糖的合成均具有一定的促进作用,其中以 *Fusarium* sp. 2、*Fusarium* sp. 3 和 *Alternaria* sp. 2 诱导子对明党参细胞作用的效果较好,尤其是 *Fusarium* sp. 3 诱导子处理组,明党参细胞生长量和多糖量分别比对照提高了 31.86 % 和 38.01 %。此外,与对照组相比较,5 组处理差异分别达到了显著和极显著水平(表 5)。

表 5 内生真菌诱导子对明党参悬浮培养细胞生长及多糖积累的影响($\bar{x} \pm s$, $n=5$)

Table 5 Effects of endophytic fungal elicitors on cell growth and polysaccharide accumulation of *C. smyrnioides* in suspension culture ($\bar{x} \pm s$, $n=5$)

菌 株	细胞/ (mg · L ⁻¹)	多糖/ (mg · L ⁻¹)
<i>Fusarium</i> sp. 1	1 079.88 ± 32.98	38.08 ± 0.33
<i>Fusarium</i> sp. 2	1 298.75 ± 41.41 **	46.78 ± 2.25 **
<i>Fusarium</i> sp. 3	1 371.89 ± 27.31 **	51.63 ± 2.91 **
<i>Alternaria</i> sp. 1	1 065.75 ± 33.79	33.99 ± 0.61
<i>Alternaria</i> sp. 2	1 314.43 ± 41.55 **	47.69 ± 2.02 **
<i>Geotrichum</i> sp.	1 106.29 ± 30.94 **	41.98 ± 1.33 **
<i>Rhizoctonia</i> sp.	1 085.78 ± 19.03 *	39.42 ± 0.98 *
对照	1 040.44 ± 27.17	37.41 ± 0.79

与对照组比较: * $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ vs control group

4 讨论

4.1 明党参内生真菌种群结构与生态分布的研究:植物内生真菌是植物体内环境的重要组成部分,其与宿主植物在长期共进化过程中,形成了密切的互惠共生关系^[11,12]。本实验表明,明党参内生真菌种群具有丰富的生物多样性,生态分布广泛。部分内生真菌具有明显的区域专一性和组织专一性,并随着明党参不同的生长发育期而出现动态变化。这是由于在不同的地理位置,温度、湿度、光照等气候条件的差异,影响内生真菌对明党参的感染、定殖和生长,因此内生真菌种群分布和数量表现出一定的地域专一性,相同生境下的植物内生菌分布具有一定的相似性等特点。如 Murali 等^[13]发现不同生境中的柚木内生真菌种群结构差异较大,粪壳菌(*Sordaria* sp.)、刺盘孢霉(*Colletotrichum* sp.)仅仅定殖于潮湿气候条件下的柚木树中,而胶孢炭疽菌 *Colletotrichum gloeosporioides* 只存在于干燥气候条件下的柚木树中,虽然拟茎点霉(*Phomopsis* sp.)和叶点霉(*Phyllosticta* sp.)是两种生态环境下的优势种群,但定殖率却存在差异,前者在潮湿落叶林中分布数量较多,定殖率较高,后者在干燥落叶林中分布数量较多,定殖率较高。内生真菌在明党参不同组织中的种群分布差异明显,具有一定的组织专一性,其原因除了植物体外环境因素的影响外,还可能由于宿主不同部位(或组织)微环境的影响。如 Verma 等^[14]系统研究了植物印度苦楝 *Azadirachta indica* A. Juss 树皮、茎以及叶片部位内生真菌的分布规律,发现内生真菌在叶片中的种类最多,定殖率最高。此外,在明党参不同的生长发育期,其体内的生理状态可能不同,代谢存在一定的差异,在气温较高、日照较长的月份,光合作用较强,能

合成较多的营养物质,并且从幼苗期到果熟期,气温逐步升高,这些变化都有利于内生真菌的生长繁殖。在明党参生长发育的前期主要是进行营养生长,植物体与内生真菌之间存在竞争营养物质的可能,而后期主要进行生殖生长,营养物质储备相对充足,所以在明党参的幼苗期种群丰富度较低,数量较少,而后期内生真菌种群丰富,数量较多。

4.2 内生真菌诱导子对明党参悬浮培养细胞生长及其多糖积累的影响:近年来,研究发现内生真菌能够产生一类能够引起植物细胞合成和积累次生代谢产物的活性物质,称之为内生真菌诱导子(elicitor)。作为一种特定的化学信号,在植物与微生物的相互作用中,它们可以快速、专一和有选择地诱导植物代谢过程中特定基因的表达,促进植物中次生代谢产物的积累^[15]。目前,内生真菌诱导子在药用植物中的应用十分广泛,尤其是在细胞悬浮培养和毛状根培养方面,主要集中于真菌诱导子对药用植物生物碱、萜类、皂苷等天然产物的诱导。如分离于长春花的内生真菌可诱导长春花碱的合成和积累,产量比对照提高了2~5倍^[16]。在本研究中,发现5株内生真菌诱导子对明党参细胞生长及其多糖积累具有显著和极显著的影响。在后续研究中,将进一步探讨诱导子的作用效果与诱导子浓度、诱导子加入时间、诱导时间长短等多种因素的相关性以及相关的诱导机制,从而为研究内生真菌诱导子促进明党参活性成分积累的机制奠定基础,也为研究药用植物次生代谢的调控提供新的思路。

因此,通过分析明党参内生真菌种群结构与生态分布的动态变化规律,以期阐明不同内生真菌优势种

群在明党参生长发育的不同阶段所产生的不同作用,从而有助于从内生真菌的角度揭示明党参品质的形成机制,对于明党参野生资源的保护及其药材的优质高效栽培均具有重要的指导意义和应用前景。

参考文献:

- [1] 中国药典[S]. 一部. 2005.
- [2] 邱英雄,傅承新. 明党参的濒危机制及其保护对策的研究[J]. 生物多样性, 2001, 9(2): 151-156.
- [3] 李伟成,葛滢,盛海燕,等. 濒危植物明党参种群生存过程研究[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1187-1193.
- [4] 盛海燕,李伟成,葛滢. 明党参幼苗存活与生长对光照强度的响应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(5): 783-788.
- [5] 王金发. 微生物学实验[M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [6] 江曙,陈代杰,戈梅,等. 药用植物内生真菌抗菌活性的筛选[J]. 药物生物技术, 2006, 13(5): 351-354.
- [7] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1979.
- [8] Frohlich J, Hyde KD, Petrini O. Endophytic fungi associated with plants[J]. Mycological Res, 2000, 104: 1202-1212.
- [9] Rakotoniriana E F, Munaut F, Decock C, et al. Endophytic fungi from leaves of *Centella asiatica*: occurrence and potential interactions within leaves[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 2008, 93: 27-36.
- [10] 江曙,段金殿,陈建伟,等. 明党参愈伤组织诱导及其细胞悬浮培养的研究[J]. 中国中药杂志, 2009, 34(9): 1078-1081.
- [11] 江曙,钱大玮,段金殿,等. 植物内生菌与道地药材的相关性研究[J]. 中草药, 2008, 39(8): 1268-1272.
- [12] 江曙,陈代杰,戈梅,等. 药用植物内生真菌对3种农作物病原真菌的拮抗作用[J]. 江苏农业科学, 2008, 1: 82-84.
- [13] Murali T S, Suryanarayanan T S, Geeta R. Endophytic phoropsis species: host range and implications for diversity estimates[J]. Can J Microbiol, 2006, 52(7): 673-680.
- [14] Verma V C, Gond S K, Kumar A, et al. The endophytic mycoflora of bark, leaf, and stem tissues of *Azadirachta indica* A. Juss (Neem) from Varanasi (India)[J]. Microb Ecol, 2007, 54(1): 119-125.
- [15] Verpoorte R, Contini A, Memelink J. Biotechnology for the production of plant secondary metabolites[J]. Phytochem Rev, 2002, 1: 13-16.
- [16] Namdeo A, Patil S, Fulzele D P. Influence of fungal elicitors on production of ajmalicine by cell cultures of *Catharanthus roseus* [J]. Biotechnol Prog, 2002, 18(1): 159-163.

《中草药》杂志列中文核心期刊中国医学类第一位

中国医学类核心期刊表

序号	刊名	序号	刊名
1	中草药	11	针刺研究
2	中国中药杂志	12	中药新药与临床药理
3	中国中西医结合杂志	13	南京中医药大学学报
4	中国针灸	14	中国实验药理学杂志
5	中成药	15	辽宁中医杂志
6	北京中医药大学学报	16	时珍国医国药
7	中药材	17	中医杂志
8	中国中医基础医学杂志	18	新中医
9	中药药理与临床	19	中国中西医结合急救杂志
10	中华中医药杂志	20	中国天然药物

摘自《中文核心期刊要目总览》2008年版(第五版)