

# 广西道地药材山豆根的内生菌研究与应用\*

陈建桦<sup>1</sup>, 姚裕群<sup>2</sup>, 李良波<sup>1</sup>, 黄荣韶<sup>1\*\*</sup>

(1. 广西大学农学院, 广西南宁 530005; 2. 广西科技大学医学院, 广西柳州 545006)

**摘要:** 山豆根是一种重要的药用植物, 其内生菌具有重大的研究和开发价值。然而至今尚未有文献对山豆根内生菌的相关研究进行归纳总结。为了详细了解山豆根内生菌的潜在应用价值, 本文从山豆根内生菌多样性、次生代谢产物、抗菌活性及其与宿主互作等方面详述了近期研究进展, 并对现阶段研究中存在的问题提出建议, 为山豆根内生菌进一步开发利用提供参考。

**关键词:** 山豆根 内生菌 多样性 生物活性 次生代谢物

中图分类号: S182 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2019)01-0006-07

## 0 引言

山豆根为豆科(Fabaceae)槐属(*Sophora*)植物越南槐(*Sophora tonkinensis* Gagnep.), 以干燥根入药。山豆根药材微苦、性寒, 主要功能是清热解毒、消肿利咽, 常用于治疗火毒蕴结、乳蛾喉痹、口舌生疮等症<sup>[1]</sup>, 广西为山豆根的道地产区<sup>[2]</sup>。

植物内生菌是指生活史的全部阶段或部分阶段寄居在健康植物的内部组织但不会对宿主产生任何感染病症的真菌和细菌<sup>[3-4]</sup>。器官类型、采收时间、地理位置、宿主年龄等条件显著影响内生菌的组成和分布<sup>[5]</sup>。药用植物中存在着大量的内生菌, 内生菌与宿主长期协同进化, 可产生多种生物学活

性的次生代谢产物, 如抗菌活性物质<sup>[6]</sup>、植物生长调节剂等<sup>[7-8]</sup>, 部分内生菌还可产生与宿主体相类似的活性成分<sup>[9]</sup>。因此, 内生菌具有潜在开发与利用价值。目前, 药用植物山豆根的研究主要集中在化学成分<sup>[10]</sup>、药理作用<sup>[11]</sup>、毒理研究<sup>[12-13]</sup>等方面, 山豆根内生菌及其应用研究尚处于起步阶段。本文综述了山豆根内生菌多样性、生物学活性以及与宿主互作等方面的研究成果, 以为山豆根内生菌的进一步开发利用提供一定的实验基础和理论依据。

## 1 山豆根内生菌的分离及多样性研究

研究表明, 不同产地、不同组织器官中的山豆根内生真菌在菌株数量、优势菌群及菌群组成方面

\*广西创新驱动发展专项(桂科AA17204056-4), 广西自然科学基金项目(2016GXNSFAA380220)和南宁市科学研究与技术开发项目(20153155)资助。

### 【作者简介】

陈建桦(1993—), 男, 博士研究生, 主要从事药用植物栽培理论与技术研究。

### 【\*\*通信作者】

黄荣韶(1964—), 男, 博士, 教授, 主要从事药用植物资源与利用研究, E-mail: hrs17252@gxu.edu.cn。

### 【引用本文】

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20190123.007

陈建桦, 姚裕群, 李良波, 等. 广西道地药材山豆根的内生菌研究与应用[J]. 广西科学院学报, 2019, 35(1): 6-12.

CHEN J H, YAO Y Q, LI L B, et al. The research and application on endophytes of genuine medicinal material *Sophora tonkinensis* in Guangxi[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2019, 35(1): 6-12.

存在一定的差异。Yao等<sup>[14]</sup>从广西3个道地产地山豆根的新鲜根、茎及种子中共分离得到1504株内生真菌菌株,形态学和分子生物学鉴定这些内生真菌分属于95个分类单元,其中73个确定分类地位,19个鉴定到属水平,54个鉴定到种水平,子囊菌门为优势菌群,多达68个分类单元;将这73个分类单元归属到真菌界3个门7个纲22个目44个属。研究证实,不同产地和组织器官对山豆根内生真菌的定植率、组成及分布均有显著的影响;多样性分析表明,山豆根内生真菌群落 $\alpha$ -多样性较高。乔云

明<sup>[15]</sup>对山豆根种子内生真菌进行分离和鉴定,分离得到14个种28株内生真菌。现阶段已发现的山豆根内生真菌分类信息在表1中进行了归纳总结。唐玉娟<sup>[16]</sup>对山豆根内生细菌进行了报道,从不同产地山豆根各个部位分离得到了12个属共26株内生细菌,其中*Burkholderia*为优势属。山豆根内生菌分离鉴定及其多样性研究,不仅填补山豆根内生菌多样性研究空白,也为今后山豆根内生菌资源的深入研究提供一定的实验基础。

表1 山豆根内生真菌分类信息  
Table 1 Classification information of endophytic fungus from *Sophora tonkinensis*

门 Phylum	纲 Class	目 Order	属 Genus		
Ascomycota	Dothideomycetes	Capnodiales	<i>Cladosporium</i> , <i>Cercospora</i> , <i>Mycosphaerella</i> , <i>Pseudocercospora</i>		
		Pleosporales	<i>Phoma</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Leptosphaeria</i> , <i>Phaeosphaeria</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Pleosporales</i>		
		Hysteriales	<i>Rhytidhysterion</i>		
		Dothideales	<i>Aureobasidium</i>		
		Botryosphaeriales	<i>Lasiodiplodia</i> , <i>Neofusicoccum</i>		
		Venturiales	<i>Ochroconis</i>		
		Leotiomycetes	Helotiales	<i>Rhexocercosporidium</i> , <i>Cryptosporiopsis</i> , <i>Pilidium</i>	
			Eurotiomycetes	Chaetothyriales	<i>Phialophora</i>
				Eurotiales	<i>Talaromyces</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Sagenomella</i> , <i>Aspergillus</i>
		Sordariomycetes	Sordariales	<i>Chaetomium</i>	
	Xylariales		<i>Arthrinium</i> , <i>Neopestalotiopsis</i> , <i>Pestalotiopsis</i> , <i>Xylaria</i>		
	Ophiostomatales		<i>Phialocephala</i>		
	Chaetosphaeriales		<i>Chaetosphaeria</i>		
	Glomerellales		<i>Colletotrichum</i> , <i>Australiasca</i>		
	Hypocreales		<i>Purpureocillium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Hypocrea</i> , <i>Myrothecium</i> , <i>Metarhizium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Clonostachys</i>		
	Diaporthales		<i>Diaporthe</i>		
	Togniniales		<i>Togninia</i>		
Basidiomycota	Tremellomycetes	Tremellales	<i>Trichosporon</i>		
	Agaricomycetes	Polyporales	<i>Fomitopsis</i>		
		Agaricales	<i>Schizophyllum</i>		
Zygomycota	Zygomycetes	Mortierellales	<i>Mortierella</i>		
		Mucorales	<i>Mucor</i>		

注:数据来源于文献[14-15,17]

Note:Data come from literatures [14-15,17]

## 2 山豆根内生菌抑菌活性研究与应用

内生菌可以产生各类抑菌代谢物帮助宿主植物拮抗外来病原菌,该类内生菌可用于生物菌剂的研发<sup>[18]</sup>。如药用植物生姜内生菌BJ-1对姜瘟病具有良好的防治作用,防病效果高达61.02%。将该菌株制成生物菌剂并进行田间试验发现,该菌剂的定殖率与存活率明显高于普通菌剂<sup>[19]</sup>。利用怀地黄内生菌菌剂处理怀地黄连作土壤,能有效减轻怀地黄根腐病和斑枯病的发病率<sup>[20]</sup>。内生菌菌剂在植物病害防治方面具有巨大的潜力。黄荣韶课题组<sup>[21-33]</sup>前期研究发现,山豆根内生真菌*Rhexocercosporidium* sp. TRXY-59-2、*Rhexocercosporidium* sp. TRXY-46、*Penicillium citrinum* SDTE - P、*Fusarium solani* TRXY-34-1对三七根腐病菌(*Fusarium solani*)、三七炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、三七黑斑病菌(*Alternaria panax*)等3种三七病原真菌均具有非常显著的拮抗作用,为三七田间病害生物防治提供研究基础。在应用山豆根内生菌进行三七疾病防治时,发现内生细菌B21、B22、B29对三七根腐病菌、三七炭疽病菌、三七黑斑病菌进行具有良好的抑制效果,尤其是B29的防治效果与化学药剂相当<sup>[34-41]</sup>。上述菌株的发现,将为药用植物病害的生物防治提供新型策略。经研究证实山豆根甲醇提取物同样能抑制三七根腐病菌(*Fusarium solani*)、三七炭疽病菌(*Colletotrichum gloeosporioides*)、三七黑斑病菌(*Alternaria panax*)<sup>[42]</sup>。内生菌表现出与宿主山豆根相似的抑菌活性,这可能是内生菌与宿主相互作用的结果。内生菌通过调节调控或改变宿主植物的生理生化代谢活动来促使该功能的形成,也可能是内生真菌激发宿主植物的防御系统,从而产生相类似的抑菌活性化合物。虽然机理还有待进一步明确,但内生真菌在抑菌方面表现出的应用潜力的确值得关注。山豆根内生菌抑菌活性研究仍处于基础阶段,菌剂研发方面并未见报道,进一步的研究工作可进行山豆根内生菌菌剂

开发,以期达到对山豆根内生菌实际应用的目的。

与此同时,山豆根某些内生真菌还能有效抑制人体病原菌。菌株Fungal endophyte sp. JXRPH-24对黄金葡萄球菌具有较强的抗菌活性<sup>[43]</sup>,*Myrothecium verrucaria* GRPH-0对白色念珠菌具有显著的抑制作用<sup>[44]</sup>,*Fusarium* sp. JXRPH-14和*Fusarium* sp. TRXY-9对大肠杆菌ATCC25922有明显拮抗作用<sup>[45]</sup>。内生真菌*Fusarium oxysporum* TRPH-21对大肠埃希菌ATCC25922和产肠毒素性大肠埃希菌有明显抑制作用<sup>[46]</sup>。这些菌株对人体病原菌显示了较强的抗菌活性,有望为新型抗生素的研究提供有价值的菌株资源。内生菌抑菌活性的形成与内生菌某些次生代谢物相关。例如殷海兴等<sup>[47]</sup>从药用植物附子中分离筛选出1株内生菌EA12432,在其发酵产物中发现5个2,2'-联吡啶类化合物,其中化合物4(SF2738D)具有中等强度的抗真菌活性。但是,由于山豆根内生菌次生代谢物尚未明确,其抑菌机制仍属空白。今后研究工作将针对山豆根内生菌代谢产物分离与抑菌活性鉴定展开,这将有助于新型抗生素的开发。

## 3 山豆根内生菌次生代谢物研究

目前,已有学者从药用植物内生菌发酵物中分离得到大量结构新颖的化合物,例如:从药用植物*Ocimum tenuifloru*内生真菌*Penicillium citrinum*发酵液中分离出2个新的生物碱<sup>[48]</sup>;药用植物*Piper aduncum*的内生真菌*Xylaria* sp.可生成新化合物dihydroisocoumarin<sup>[49]</sup>;从植物*Ceratodon purpureus*的内生真菌*Smardaea* sp.的发酵物中鉴定5个新的Isopimarane diterpenes,即Smardaesidins A~E,2个新的20-nor-isopimarane diterpenes,即Smardaesidins F、G<sup>[50]</sup>。药用植物内生菌已经成为寻找新次生代谢物的重要资源。现已有文献报道证实某些物质在抑菌或者治疗某些疾病方面有很强的活性,例如:从药用植物莪术(*Curcuma zedoaria*)的内生真菌*Chaetomium globosum* L18发酵物中鉴定出1个新

的化合物 Chaetoglobosin X, 该化合物具有广谱的抗真菌活性, 并对 H22 和 MFC 癌细胞系有强烈的细胞毒活性<sup>[51]</sup>。在山豆根内生菌次生代谢产物研究中, 已从山豆根内生真菌 *Rhexocercosporidium* sp. TRXY-46 菌株发酵液中分离鉴定了 5 个甾体类化合物, 分别为 6-hydroxystigmast-4-en-3-one (化合物 1)、(22E, 24R)-5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -epidioxyergosta-6, 9 (11), 22-trien-3-ol (化合物 2)、5, 8-epidioxyergosta-6, 22-dien-3-ol (化合物 3)、(22E, 24R)-5 $\alpha$ , 8 $\alpha$ -epidioxy-23-methylergosta-6, 22-dien-3-ol (化合物 4)、(22E, 24R)-3, 5 $\alpha$ -dihydroxyergosta-7, 22-dien-6-one (化合物 5)<sup>[17]</sup>。从 *Penicillium citrinum* SDTE-P 菌株发酵产物中分离鉴定了 6 个单体化合物, 分别为大黄素、Coniochaetones B、Penicitrinol A, 麦角甾-5, 7, 22-三烯-3 $\beta$ -醇、肉豆蔻酸和软脂酸<sup>[15]</sup>。现有研究中所获得的化合物较少, 也尚未发现结构新颖的化合物, 并不能满足研究的需要, 化合物活性研究尚属空白。为满足应用需求, 应对山豆根内生菌代谢物的鉴定与活性功能进行深入研究。

#### 4 山豆根内生菌对宿主生长的促进作用研究

内生菌可通过产生生长激素、固氮以及溶磷解钾等作用促进宿主植物生长。例如: Mishra 等<sup>[52]</sup>从药用植物天竺葵植株中分离得到 2 株具有促生长活性的内生细菌 (*Bacillus subtilis* 和 *Pseudomonas fluorescens*), 该细菌经发酵后处理植株, 结果显示两株菌株能显著提高天竺葵的产量。铁皮石斛根部分离得到的内生菌 ZJSH1 具有明显的固氮活性, 并且对铁皮石斛产量和品质都有较好的影响<sup>[53]</sup>。盾叶薯蓣根状茎分离筛选得到的内生真菌尖孢镰刀菌 Dzf17 能有效地提高无菌苗薯蓣皂苷元的含量和产率<sup>[54]</sup>。对这些内生菌功能合理应用, 在药用植物栽培生产中具有实际意义。唐玉娟<sup>[16]</sup>从广西野生山豆根中分离得到 26 株内生细菌, 发现 14 株能产吲哚乙酸 (IAA), 其中 JXRP-21 菌株合成 IAA 的量高达

为 29.59 mg/L; 23 株具有溶磷能力; 7 株具有产铁载体能力。内生细菌与山豆根组培苗共生试验表明, 接种 JXRP-10 菌株后, 其对宿主山豆根苗具有明显的促生根作用。JXRP-10 菌株发酵液对盆栽山豆根幼苗的株高、根鲜重、茎粗、地上部鲜重 4 个指标均具有显著的促进作用。但山豆根内生菌该类研究仍较少, 内生菌对山豆根品质的影响研究尚属空白。对山豆根内生菌资源功能进行深入挖掘, 靶向性地筛选一些内生菌菌株, 可有助于山豆根栽培生产。

#### 5 展望

山豆根中存在着丰富的内生菌资源, 在现有的山豆根内生菌研究中已经报道了一些有生物学活性的内生菌菌株。某些内生菌能产生抑菌成分, 某些菌株能促进宿主植物生长, 已发现多个内生菌菌株对一些植物或人体病原菌有显著抑制活性, 或者能产生一些生长素类物质来促进宿主的生长。这些特性的发现将为提高山豆根产量, 增强宿主抗病能力, 获得活性新化合物等方面提供一条重要途径。

但是, 山豆根内生菌研究与应用仍有不少问题需要解决。首先, 目前只开展了山豆根内生菌抑菌与促生长活性相关的部分研究, 其他活性研究未见报道。今后可继续针对活性研究方面做大量的研究工作, 筛选出具有不同活性的内生菌菌株, 丰富其功能。其次, 内生菌次生代谢物研究缺乏, 目前只报道了少数代谢产物, 不能满足应用需要; 未来研究工作可对不同菌株的代谢产物进行大规模分离, 并对代谢物进行鉴定与功能研究, 将其应用于新药开发等领域。经研究表明某些内生菌能产生与宿主相类似的活性物质, 但在山豆根中未见相关研究报道。针对这一问题, 进行能产生与山豆根活性物质相类似物质的内生菌的筛选, 并进行工业化大规模发酵来生产活性物质, 这将成为解决山豆根资源短缺, 有效成分低等问题的重要手段。总而言



之,山豆根内生菌具有广泛的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2015年版 二部[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [2] 彭成. 中华道地药材[M]. 中国中医药出版社, 2011.
- [3] CLAY K. Fungal endophytes of plants: Biological and chemical diversity[J]. *Natural Toxins*, 1992, 1(3): 147-149.
- [4] ZABALGOGEAZCOA I. Review: Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens[J]. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2008(Special issue): 138-146.
- [5] MISHRA A, GOND S K, KUMAR A, et al. Season and tissue type affect fungal endophyte communities of the Indian medicinal plant *Tinospora cordifolia* more strongly than geographic location[J]. *Microbial Ecology*, 2012, 64(2): 388-398.
- [6] JOUDA J B, KUSARI S, LAMSHÖFT M, et al. Penialidins A-C with strong antibacterial activities from *Penicillium* sp., an endophytic fungus harboring leaves of *Garcinia nobilis*[J]. *Fitoterapia*, 2014, 98: 209-214.
- [7] ABD\_ALLAH E F, HASHEM A, ALQARAWI A A, et al. Enhancing growth performance and systemic acquired resistance of medicinal plant *Sesbania sesban* (L.) Merr using arbuscular mycorrhizal fungi under salt stress[J]. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2015, 22(3): 274-283.
- [8] 梁宇, 高玉葆. 内生真菌对植物生长发育及抗逆性的影响[J]. *植物学通报*, 2000, 17(1): 52-59.
- [9] 周星辰, 郝丽, 张伟, 等. 产喹诺里西啶碱苦豆子内生真菌的筛选与鉴定[J]. *农业科学研究*, 2013, 34(1): 28-32.
- [10] 潘其明, 黄日镇, 潘英明, 等. 山豆根的化学成分研究[J]. *中国中药杂志*, 2016, 41(1): 96-100.
- [11] 程钱, 王金凤, 王宝丽, 等. 山豆根化学成分、生物活性及质量控制研究进展[J]. *辽宁中医药大学学报*, 2017, 19(7): 119-125.
- [12] 陈影, 陈两绵, 全燕, 等. 山豆根药理毒理研究进展[J]. *中国中药杂志*, 2017, 42(13): 2439-2442.
- [13] 田雪松. 山豆根中生物碱的毒性研究进展[J]. *中国实验方剂学杂志*, 2016, 22(6): 230-234.
- [14] YAO Y Q, LAN F, QIAO Y M, et al. Endophytic fungi harbored in the root of *Sophora tonkinensis* Gapnep: Diversity and biocontrol potential against phytopathogens[J]. *Microbiologyopen*, 2017, 6(3).
- [15] 乔云明. 山豆根种子内生真菌及其抑菌活性成分研究[D]. 南宁: 广西大学, 2016.
- [16] 唐玉娟. 山豆根内生细菌的促生活性菌株筛选及其促生作用研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [17] 姚裕群. 越南槐内生真菌多样性、抑菌活性及其次生代谢产物研究[D]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [18] STROBEL G, DAISY B, HARPER J. Natural products from endophytic microorganisms[J]. *The Journal of Natural Products*, 2004, 67(2): 257-268.
- [19] 周宁. 大姜根际及内生益生菌的分离筛选与应用研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2017.
- [20] 许园园. 怀地黄活性内生菌在预防植物病害和克服连作障碍方面的应用[D]. 新乡: 河南师范大学, 2014.
- [21] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-34-1 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979217.6[P]. 2016-04-13.
- [22] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-34-1 在防治三七炭疽病中的应用: 201510979207.2[P]. 2015-12-23.
- [23] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-34-1 在防治三七根腐病中的应用: 201510979147.4[P]. 2015-12-23.
- [24] 姚裕群, 李良波, 黄荣韶. 内生真菌 TRXY-34-1 对三七病原菌的拮抗活性及其鉴定[J]. *基因组学与应用生物学*, 2017, 36(2): 644-650.
- [25] 广西大学. 越南槐内生真菌 SDTE-P 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979660.3[P]. 2015-12-23.
- [26] 广西大学. 越南槐内生真菌 SDTE-P 在防治三七炭疽病中的应用: 201510979657.1[P]. 2015-12-23.
- [27] 广西大学. 越南槐内生真菌 SDTE-P 在防治三七根腐病中的应用: 201510979167.1[P]. 2015-12-23.
- [28] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-59-2 在防治三七炭疽病中的应用: 201510979614.3[P]. 2015-12-23.
- [29] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-59-2 在防治三七根腐病中的应用: 201510979246.2[P]. 2015-12-23.
- [30] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-59-2 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979105.0[P]. 2015-12-23.
- [31] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-46 在防治三七炭疽病中的应用: 201510979380.2[P]. 2015-12-23.
- [32] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-46 在防治三七根腐病中的应用: 201510979067.9[P]. 2015-12-23.
- [33] 广西大学. 越南槐内生真菌 TRXY-46 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979135.1[P]. 2015-12-23.
- [34] 广西大学. 越南槐内生细菌 B21 在防治三七炭疽病中的应用: 201510980088.2[P]. 2015-12-23.
- [35] 广西大学. 越南槐内生细菌 B21 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979226.5[P]. 2015-12-23.
- [36] 广西大学. 越南槐内生细菌 B22 在防治三七黑斑病中的应用: 201510979811.5[P]. 2015-12-23.
- [37] 广西大学. 越南槐内生细菌 B22 在防治三七根腐病中的应用: 201510979038.2[P]. 2015-12-23.
- [38] 广西大学. 越南槐内生细菌 B22 在防治三七炭疽病中

- 的应用; 201510979764.4[P]. 2015-12-23.
- [39] 广西大学. 越南槐内生细菌 B29 在防治三七黑斑病中的应用; 201510980086.3[P]. 2015-12-23.
- [40] 广西大学. 越南槐内生细菌 B29 在防治三七炭疽病中的应用; 201510979695.7[P]. 2015-12-23.
- [41] 广西大学. 越南槐内生细菌 B29 在防治三七根腐病中的应用; 201510979400.6[P]. 2015-12-23.
- [42] 姚裕群, 王定坤, 李良波, 等. 山豆根甲醇提取物对三七重要病原真菌的抑菌研究[J]. 基因组学与应用生物学, 2016, 35(9): 2417-2422.
- [43] 姚裕群, 兰可, 蓝芳, 等. 越南槐内生真菌 JXRP-24 的抗菌活性及其鉴定[J]. 基因组学与应用生物学, 2017, 36(3): 938-943.
- [44] 姚裕群, 甘建华, 黄荣韶, 等. 越南槐内生真菌 GRPH-0 的抗真菌活性及其鉴定[J]. 中国抗生素杂志, 2017, 42(2): 107-111.
- [45] 姚裕群, 莫莉, 蓝芳. 2 株越南槐内生真菌的抗菌活性及菌株鉴定[J]. 基因组学与应用生物学, 2016, 5(8): 2071-2076.
- [46] 姚裕群, 桂雄, 黄荣韶, 等. 越南槐内生真菌 TRPH-21 的抗菌活性及其鉴定[J]. 中国抗生素杂志, 2016, 41(11): 829-833.
- [47] 殷海兴, 林家富, 褚以文. 附子内生放线菌 EA12432 抗真菌次级代谢产物研究[J]. 中国抗生素杂志, 2016, 41(9): 653-657.
- [48] LAI D, BRÖTZ-OESTERHELT H, MÜLLER W E G, et al. *Bioactive polyketides and alkaloids from *Penicillium citrinum*, a fungal endophyte isolated from *Ocimum tenuiflorum**[J]. *Fitoterapia*, 2013, 91(8): 100-106.
- [49] OLIVEIRA C M, REGASINI L O, SILVA G H, et al. Dihydroisocoumarins produced by *Xylaria* sp. and *Penicillium* sp., endophytic fungi associated with *Piper aduncum* and *Alibertia macrophylla*[J]. *Phytochemistry Letters*, 2011, 4(2): 93-96.
- [50] WANG X N, BASHYAL B P, WIJERATNE E M K, et al. Smardaesidins A - G, isopimarane and 20-nor-Isopimarane diterpenoids from *Smardaea* sp., a fungal endophyte of the moss *Ceratodon purpureus*[J]. *Journal of Natural Products*, 2011, 74(10): 2052-2061.
- [51] WANG Y H, XU L, REN W M, et al. Bioactive metabolites from *Chaetomium globosum* L18, an endophytic fungus in the medicinal plant *Curcuma wenyujin*[J]. *Phyto-medicine*, 2012, 19(3/4): 364-368.
- [52] MISHRA R K, PRAKASH O, ALAM M, et al. Influence of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the productivity of *Pelargonium graveolens* L. Herit. [J]. *Recent Research in Science and Technology*, 2010, 2(5): 53-57.
- [53] 赵凯鹏. 两株固氮性细菌的生物学特性及其对铁皮石斛生长的影响[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
- [54] 张瑞芬, 李培琴, 赵江林, 等. 盾叶薯蓣内生真菌及其对宿主培养物生长和皂苷元生产的影响[J]. *天然产物研究与开发*, 2010, 22(1): 11-15.

## The Research and Application on Endophytes of Genuine Medicinal Material *Sophora tonkinensis* in Guangxi

CHEN Jianhua<sup>1</sup>, YAO Yuqun<sup>2</sup>, LI Liangbo<sup>1</sup>, HUANG Rongshao<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530005, China; 2. College of Medicine, Guangxi University of Science and Technology, Liuzhou, Guangxi, 545006, China)

**Abstract:** *Sophora tonkinensis* is an important medicinal plant, and its endophytes have great value of research and development. However, there haven't been any literatures on the related research on *Sophora tonkinensis* endophytes. In order to understand the potential application value of endophytes in *Sophora tonkinensis*, this research paper detailed the recent research progress of diversity, secondary metabolites, antibacterial activity and in-

teraction with the host of the endophytes isolated from *Sophora tonkinensis*. The purpose was to provide suggestions for the problems of existing in the current research and to provide reference for the further development and utilization of the endophytes isolated from *Sophora tonkinensis*.

**Key words:** *Sophora tonkinensis*, endophyte, diversity, biological activity, secondary metabolite

责任编辑:符支宏

## 《广西科学院学报》2017年度优秀论文奖

为鼓励优秀作者,本刊每年年末将对上一年发表在《广西科学院学报》的论文进行回溯和评估。今年,编辑部从2017年度我刊发表的论文中,根据中国知网CNKI数据库的被引频次和下载量,经过统计各项数据提交主编核定,评选出6篇优秀论文,授予2017年度《广西科学院学报》“优秀论文奖”,其中一等奖1篇,二等奖2篇,三等奖3篇。获奖作者将获得编辑部颁发的获奖证书和精美礼品各一份。今后,凡以下获奖名单中的作者再向本刊投稿时附上此证书,可享受优先出版和双倍稿酬的待遇。

祝贺各位获奖作者!感谢广大读者和作者对我刊的支持与厚爱!

获奖名单:

获奖等级	作者姓名	论文题目	刊期
一等奖	舒文将,姚昕利,陈宗游,邹蓉,唐健民	中药柴胡的药理研究与临床应用	2017,33(4)
二等奖	李华,陈宁江	基于PSO的WFCM算法研究及其在医保欺诈行为发现中的应用	2017,33(1)
二等奖	李小群,李菲,李家怡,颜栋美,苏志维,高程海	海芒果可培养细菌的分离鉴定及其抑制海洋鱼类致病菌活性研究	2017,33(2)
三等奖	郑华敏,张建兵,周游游,胡宝清,严志强	广西海洋环境与沿海经济发展	2017,33(3)
三等奖	韩天伟,吕晓霞,宋金明,李学刚,袁华茂,李宁	南黄海表层沉积物中生源要素的分布规律及其环境意义	2017,33(2)
三等奖	卢昱江,孔令一,邓芊芊,黄礼琳,罗志荣,高英俊	微裂纹起裂扩展机理的晶体相场模拟	2017,33(4)



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkxyxbjb@126.com

投稿系统网址: <http://gxkx.ijournal.cn/gxkxyxb/ch>