

内生真菌 2K3 代谢产物抗菌活性研究

武金占¹, 陈华保², 李会玲¹, 杨春平¹, 魏少鹏¹, 姬志勤^{1*}

(1. 西北农林科技大学农药研究所, 陕西杨凌 712100; 2. 四川农业大学农学院, 四川雅安 625014)

摘 要: 研究了从苦皮藤根皮中分离的一株编号为 2K3 内生真菌代谢产物的杀菌活性。生物测定结果表明, 2K3 菌株菌丝体的甲醇和乙酸乙酯提取物对多种植物病原真菌具有较强的抑菌活性。其中, 甲醇提取物的抑菌活性比乙酸乙酯提取物强, 在 1 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度下对烟草赤星病菌、马铃薯干腐病菌、小麦赤霉病菌、苹果炭疽病菌、玉米大斑病菌的菌丝生长抑制率均大于 90%; 抑制孢子萌发法试验结果表明, 2K3 菌株菌丝体的甲醇提取物对烟草赤星病菌玉米大斑病菌和马铃薯干腐病菌的 EC_{50} 分别为 59.4 $\mu\text{g/mL}$ 、96.5 $\mu\text{g/mL}$ 和 132.5 $\mu\text{g/mL}$; 管碟法生测结果表明, 2K3 菌株菌丝体的甲醇提取物对枯草芽孢杆菌和蜡状芽孢杆菌的抑菌圈直径分别为 20 mm 和 27 mm; 盆栽试验结果表明, 2K3 菌株菌丝体的甲醇提取物在 2 000 $\mu\text{g/mL}$ 浓度下对小麦白粉病的治疗和保护作用均在 70% 以上。

关键词: 苦皮藤; 内生真菌; 代谢产物; 抗菌活性

中图分类号: Q939.11; S482.2⁺92

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2007)05-0262-04

Antifungal Activity of Metabolites of Endophytic Fungus 2K3 in *Celastrus angulatus*

WU Jin-zhan¹, CHENG Hua-bao², LI Hui-ling¹, YANG Chun-ping¹,
WEI Shao-peng¹ and JI Zhi-qin^{1*}

(1. Institute of Pesticide, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. College of Agriculture, Sichuan Agricultural University, Yaan Sichuan 625014, China)

Abstract: Entophytic fungus 2K3 isolated from *Celastrus angulatus* had been studied on the fungicidal activity. The result indicated that metabolites of ethyl acetate and methanol extracts of mycelium had an evident fungicidal activity on mycelial growth and spore germination. The fungicidal activity of methanol extract was higher than that of ethyl acetate extract, and the inhibition rates were higher than 90% against *Alternaria longipes*, *Fusarium oxysporium*, *Gibberella zeae*, *Glomerella cingulata*, *Exserohilum turcicum* under the concentration of 1 000 $\mu\text{g/mL}$. The results of the inhibition of spore germination indicated that the fermentation products exhibited obvious inhibition rate against *Alternaria longipes*, *Exserohilum turcicum* and *Fusarium coeruleum*, the EC_{50} values was 59.4 $\mu\text{g/mL}$, 96.5 $\mu\text{g/mL}$ and 132.5 $\mu\text{g/mL}$. In the bioassay of the fermentation products against *Bacillus subtilis* and *Bacillus cereus*, by means of detection of inhibition zone, the inhibition zone diameter was 20 mm and 27 mm. The results of pot tests that methanol extract showed higher than 70% of protective efficacy and therapeutic efficacy against wheat powdery mildew under the concentration of 2 000 $\mu\text{g/mL}$.

Key words: *Celastrus angulatus*; Endophytic fungi; Metabolic products; Antifungal activity

内生真菌 (Endophytic fungi) 一般是指生活在植物组织体内的一类并不引起明显病害症状的

收稿日期: 2006-09-02 修回日期: 2007-03-29

基金项目: 国家“863”高技术计划项目 (2002AA245121)。

作者简介: 武金占, 女, 陕西岐山人, 硕士研究生, 主要从事天然产物化学和植物内生真菌的提取和分离的研究。

* 通讯作者: 姬志勤, 男, 山西永济人, 讲师, 主要从事农药化学和农药毒理学的研究。

真菌,包括那些在其生活史中的某一阶段表生的腐生菌,对宿主暂时没有伤害的潜伏性病原菌(Latent pathogens)和菌根菌(Mycorrhizafungi)。它是一个庞大的特殊的真菌内群,几乎所有的植物组织中都发现有内生真菌的存在^[1]。自从 Stierle^[2]从短叶红豆杉的韧皮处(*Taxus bervi folia*)分离到一株能够产生紫杉醇的真菌(*Taxomyces andreanae*)之后,从内生真菌次级代谢产物中寻找有重要生物活性物质的研究也逐渐成为筛选新型农药的热点。如 Findlay 等从云杉(*Picea mariana*)等针叶树的内生真菌的次生代谢产物中发现了一系列具有杀虫活性的物质。邹文欣等^[3]从卫矛科药用植物雷公藤(*Tripterygium wilfordii*)中分离得到内生真菌-栎树拟隐孢壳(*Cryptosporiopsis cf. quercina*)能产生一种新型环肽抗生素-cryptocandin 对霉菌及白色念珠菌有强烈的抑杀作用,该菌还能产生一种新的酰胺生物碱-cryptocin 对稻瘟病菌 *Pyricularia grisea* 等多种植物病原菌有较强的抑杀作用。从不断增多的文献报道来看,内生真菌代谢产物对害虫和植物病原菌的防治方面具有很大的潜力。近年来,笔者对生长于陕西眉县地区的苦皮藤内生真菌进行了研究,从分离到的 100 多株菌株中筛选到一株编号为 2K3 的内生真菌,其代谢产物具有明显的抑菌活性。

1 材料与方法

1.1 供试菌株和植物

从陕西眉县采回的苦皮藤根皮中分离得到一株内生真菌,编号为 2K3。供试病原真菌:小麦赤霉病菌(*Gibberella zeae*),玉米大斑病菌(*Exserohilum turcicum*),烟草赤星病菌(*Alternaria longipes*),小麦根腐病菌(*Bipolaris sorokiniana*),苹果炭疽病菌(*Glomerella cingulata*),马铃薯干腐病菌(*Fusarium coeruleum*),玉米弯孢病菌(*Curvulavium lunata*),小麦白粉病菌(*Blumeria graminis*);病原细菌:蜡状芽孢杆菌(*Bacillus cereus*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)、链球菌(*Streptococcus*)和大肠杆菌(*Escherichia coli*)。盆栽植物小麦品种为辉县红。以上病原菌和活体植物均由西北农林科技大学农药研究所提供。

病原菌孢子悬浮液制备:将事先培养好的菌种加入适量的无菌水,用玻璃棒在培养基上轻轻

摩擦,使孢子悬浮,然后用二层沙布过滤,最后离心孢子,并用无菌水洗涤孢子 3 次,调整孢子密度到所要求的密度。

1.2 培养基及活性成分的提取

固体培养采用葡萄糖土豆 PDA(土豆 200 g,葡萄糖 20 g,琼脂 18 g,水 1 000 g),在无菌条件下将苦皮藤的根、茎、叶(破坏表面蜡质层后)切成 0.4 cm×0.4 cm 的小片,然后将小片种植于加有 0.03 g/L 链霉素的 9 cm PDA 平板上,每个平板放置 4 块,28℃ 培养 3~7 d 后,即可见样品边缘外有菌丝长出,经纯化后转接到 PDA 斜面备用^[3];液体培养采用改良的 MID 培养液(土豆 200 g,蔗糖 10 g,葡萄糖 10 g,乙酸钠 1.66 g,硫酸镁 1.02 g,蛋白胨 0.5 g,水 1 000 mL),在无菌条件下直接将带菌培养基分别装入加有定量液体培养基的三角瓶中(250 mL 的容量瓶装液量为 100 mL),用透气封口膜封口,置 26℃,175 r/min 的条件下摇床振荡培养 7 d。发酵产物以 4 层纱布过滤,得发酵液和菌丝体 112.8 g,菌丝体晾干后分别用石油醚、乙酸乙酯、甲醇依次热回流提取,浓缩各提取物,最后得石油醚、乙酸乙酯、甲醇提取浸膏各 3.1 g、13.6 g 和 18.5 g。发酵液用乙酸乙酯萃取后待用。

1.3 发酵产物菌丝体的提取物和发酵液的抗菌活性测定

1.3.1 离体活性 将内生真菌的菌丝体的粗提取物配成一定浓度的溶液,测定其对病原菌菌丝生长抑制作用及孢子萌发抑制作用。

抑制菌丝生长速率法^[4]:把一定浓度的待测样品的丙酮溶液 1 mL 与 9 mL 融化的 PDA 培养基混匀,倒入无菌的培养基中制成带药培养基平面。待测样品各浓度重复 3 次,以丙酮为对照。用直径为 5 mm 的打孔器在培养好的供试菌菌落边缘切下菌饼反接于培养皿内,25℃ 培养 72~96 h,用十字交叉法测量供试菌菌落生长直径,求出菌丝生长抑制率。

菌丝生长抑制率=(对照菌落直径-处理菌落直径)/对照菌落直径×100%

抑制孢子萌发法:取供试病原菌的孢子配成适当浓度的孢子悬浮液,在 10×10 低倍镜下,每个视野有 30~40 个孢子。将一定浓度的样品溶液与孢子悬浮液混合,取一滴滴加在凹玻片上,将凹玻片迅速翻转试液滴倒悬在凹玻片下表面,以清水为对照,每处理 3 次重复。在适当的温度下

培养 6 h 后检查对照孢子的萌发。当对照的萌发率达到 85% 后,检查所有处理的萌发率。计算孢子萌发的抑制率。

萌发抑制率=(对照萌发率-处理萌发率)/对照萌发率×100%

管碟法:底层培养基采用 2% 的琼脂培养基,上层培养基采用牛肉膏蛋白胨培养基。在每个培养皿中用无菌吸管加入 10 mL 底层培养基,待冷凝后,再将已融化冷却至 45℃ 的上层培养基(已接种供试细菌)倒入已凝固的底层培养基表面,待凝固后即可在每个培养皿上轻轻放置无菌牛津杯,每皿放置 4 个,牛津杯之间的距离相等。然后在每个牛津杯中接入药液 0.2 mL,置 37℃ 的恒温箱中培养,24 h 后测量抑菌圈大小^[5,6]。

1.3.2 盆栽试验 保护作用测定:先在盆栽作物上喷洒供试药剂,24 h 后在保湿条件下接种供试病原菌。每个处理 10 个重复,以清水处理为对

照。7 d 后按小麦白粉病的分级标准进行病情调查。

治疗作用测定:先在保湿条件下接种供试病原菌,24 h 后在植株上喷施供试药剂。每个处理 10 个重复,以清水处理为对照。7 d 后按小麦白粉病的分级标准进行病情调查^[7]。

病情指数=Σ(各级发病数×该级代表数)/总株数×最高级代表数;

防治效果=(对照病情指数-处理病情指数)/对照病情指数×100%

2 结果与分析

2.1 2K3 菌株发酵产物杀菌活性测定

2.1.1 室内活性测定 抑制菌丝生长速率法:以生长速率法测定的 2K3 菌株发酵滤液和菌丝体的不同溶剂提取物对 7 种植物病原菌的抑菌活性,结果见表 1。

表 1 2K3 菌株菌丝体不同溶剂提取物和发酵滤液对供试病原菌的菌丝生长抑制作用
Table 1 Inhibition of mycelium extract of 2K3 against plant pathogens on mycelium growth

供试样品浓度/(μg·mL ⁻¹) Sample concentration		相对抑制率/% Relative inhibition rates						
		小麦赤霉病菌 <i>B. sorokiniana</i>	马铃薯干腐病菌 <i>F. coeruleum</i>	烟草赤星病菌 <i>A.alternata</i>	苹果腐烂病菌 <i>V. mali</i>	玉米弯孢病菌 <i>C. lunata</i>	苹果炭疽病菌 <i>G. cingulata</i>	玉米大斑病菌 <i>E. turcicum</i>
甲醇提取物	500	82.6	84.2	79.4	76.5	65.3	85.7	70.7
Methanol extracts	1000	93.4	95.7	90.6	85.7	80.0	94.5	92.0
乙酸乙酯提取物	500	46.5	35.7	28.0	55.2	35.4	65.5	35.5
Ethyl acetate extracts	1000	66.7	59.2	48.3	68.5	47.5	80.3	38.4
石油醚提取物	500	32.4	35.5	—	30.4	—	32.5	16.7
Petroleum ether extracts	1000	34.1	42.1	—	29.6	—	40.2	22.5
发酵滤液 Fermentation broth		50.6	—	13.5	50.2	39.5	25.5	35.4

注:“—”表示刺激生长。Note: “—” indicates stimulating growth.

由表 1 可知,该菌株菌丝体甲醇提取物的杀菌活性明显高于其他两种提取物,因此,该菌株的菌丝体适合用甲醇或与其极性相近的溶剂提取。其中,甲醇提取物在 1 000 μg·mL⁻¹ 浓度下对小麦赤霉病菌、马铃薯干腐病菌、烟草赤星病菌、苹

果炭疽病菌和玉米大斑 5 种供试菌的抑制率均大于 90%。

在上述结果的基础上,进一步测定了 2K3 发酵产物的菌丝体甲醇粗提物对其中 4 种供试菌菌丝生长的毒力,结果见表 2。

表 2 菌丝体甲醇粗提物对供试病菌抑制菌丝生长的毒力
Table 2 The methanol extract's toxicity of inhibition mycelium growth

供试病原菌 Pathogenic fungus	毒力方程 Viulence equation	相关系数 r Correlation coefficient	EC ₅₀ /(μg·mL ⁻¹)
烟草赤星病菌 <i>A. alternata</i>	Y=1.2450x+2.5030	0.9969	158.9
玉米弯孢病菌 <i>C. lunata</i>	Y=1.1999x+2.2021	0.9974	214.6
马铃薯干腐病菌 <i>F. coeruleum</i>	Y=1.1052x+1.2653	0.9808	51.8
苹果腐烂病菌 <i>V. mali</i>	Y=1.4510x+2.1161	0.9956	97.2

表 2 表明,菌株发酵产物的菌丝体甲醇提取物对烟草赤星病菌、马铃薯干腐病菌、苹果腐烂病菌有较好的毒力,其 EC₅₀ 值分别为 158.9 μg·mL⁻¹、51.8 μg·mL⁻¹ 和 97.2 μg·mL⁻¹;对玉米弯孢病菌的毒力相对较差,为 214.6 μg·mL⁻¹。

抑制孢子萌发法:以抑制孢子萌发法测定了

菌丝体的甲醇提取物在浓度分别为 500 μg·mL⁻¹ 和 1 000 μg·mL⁻¹ 时对烟草赤星病菌、马铃薯干腐病菌、玉米大斑病菌的孢子萌发抑制作用,结果见表 3。

由表 3 可知,菌株发酵产物的菌丝体甲醇提取物对供试病菌孢子萌发有明显的抑制作用,在

1 000 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 浓度下对供试病菌马铃薯干腐病菌、玉米大斑病菌、烟草赤星病菌的孢子萌发的抑制率均高于 85%。

表 3 2K3 菌丝体甲醇提取物不同浓度对供试病菌孢子萌发的抑制作用

Table 3 Inhibition of mycelium methanol extract of 2K3 strain on spore germination

供试样品 Sample	浓度 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) Concentration	相对抑制率/% Relative inhibition rates		
		马铃薯干 腐病菌 <i>F. coeruleum</i>	玉米大 斑病菌 <i>E. turcicum</i>	烟草赤 星病菌 <i>A. alternata</i>
甲醇提取物	500	73.8	81.1	78.0
Methanol extracts	1000	85.2	90.4	90.1
乙酸乙酯提取物	500	24.5	15.7	32.4
Ethyl acetate extracts	1000	28.1	20.3	45.9
石油醚提取物	500	17.4	—	22.6
Petroleum ether extracts	1000	20.6	—	31.5
发酵滤液 Fermentation broth	—	—	—	—

注:“—”表示刺激生长。Note: “—” shows stimulating growth.

在上述基础上,进一步测定了 2K3 发酵产物菌丝体甲醇提取物对马铃薯干腐病菌、烟草赤星病菌及玉米大斑病菌 3 种供试病原真菌的孢子萌

表 4 菌丝体甲醇提取物对 3 种病原菌孢子萌发的抑制毒力

Table 4 The methanol extract's toxicity of inhibition spore germination

供试病原菌 Pathogenic fungus	毒力方程 Viulence equation	相关系数 <i>r</i> Correlation coefficient	EC ₅₀ ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
玉米大斑病菌 <i>E. turcicum</i>	$Y=1.0388x+2.9387$	0.9817	96.5
烟草赤星病菌 <i>A. acternata</i>	$Y=1.0413x+3.1526$	0.9907	59.4
马铃薯干腐病菌 <i>F. coeruleum</i>	$Y=1.3561x+2.1220$	0.9962	132.5

表 5 菌丝体甲醇提取物对小麦白粉病的治疗作用和保护作用

Table 5 Efficiency of mycelium extracts of 2K3 against powdery mildew of wheat

供试样品 Sample	浓度 ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) Concentration	保护作用 Protective efficacy		治疗作用 Therapeutic efficacy	
		病指 Disease index	防效/% Control efficiency	病指 Disease index	防效/% Control efficiency
甲醇提取物	1000	26.7	63.4	32.1	61.2
Methanol extract	2000	18.9	72.8	23.6	76.5

由表 5 可知,2K3 发酵产物的菌丝体甲醇提取物对小麦白粉病菌有不同程度的保护和治疗作用,在使用浓度为 2 000 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时,对小麦白粉病的防效在 70% 以上。

3 小结与讨论

植物内生真菌是一类应用前景非常广阔的资源微生物。近年来,关于内生真菌产生的重要生物活性物质和酶的筛选是目前内生真菌研究领域的一个热点,内生真菌由于其所处的特殊环境,有次生代谢过程的复杂性与灵活性,会产生一些独特的成分,这些成分是寻找具有生物活性成分的重要来源,是微生物学家、植物学家、化学家,尤其是药学工作者所关注的对象。因为通过内生真菌次级代谢产物的研究,可以筛选到一些结构新颖、活性专一的物质。

本文从苦皮藤植物中分离出一株活性菌株

发毒力,结果见表 4。

表 4 表明,2K3 菌株发酵产物的菌丝体甲醇提取物对马铃薯干腐病菌、玉米大斑病菌、烟草赤星病菌均有较好的抑制孢子萌发毒力,其 EC₅₀ 值为 132.5 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、96.5 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 和 59.4 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

抑制细菌:生测结果表明,2K3 菌株发酵产物的菌丝体甲醇提取物对枯草芽孢杆菌和蜡状芽孢杆菌具有明显的抑菌活性(抑菌圈直径分别为 20 mm 和 27 mm)外,对链球菌、金黄色葡萄球菌和大肠杆菌都没有活性。

2.2 盆栽试验结果

菌丝体的甲醇提取物在 1 000 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、2 000 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的浓度下对小麦白粉病的治疗和保护作用见表 5。

2K3,并对其代谢产物进行了室内和盆栽的杀菌活性测定。试验结果表明,2K3 菌株发酵代谢产物对多种植物病原真菌和病原细菌均具有较强的抑菌活性,表现为广谱抗菌性,具有极大的开发潜力。但没有对其杀菌成分进行分离鉴定,还未建立起发酵产物中有效成分的定量分析方法。因此本研究中浓度是以单位容积中“发酵产物”(活性成分及大量杂质)的质量数来表示的,供试药液中有效成分的真实浓度是未知的,其试验结果只能从定性的角度作出参考性评价。要对其杀菌活性,特别是对大田防治效果作出科学评价,尚须在掌握发酵产物有效成分含量的基础上,作进一步研究。

参考文献:

[1] 王建锋. 植物内生真菌抗肿瘤活性物质的研究[D]. 厦门大学生命科学学院生物学系,2001.

其抑菌物质具体化学组成和结构是否与单一菌培养时一致,以及对其他植物病原微生物的抑制活性有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 陶晶,吴艳,李春,等.新疆加工番茄主要病害拮抗菌的筛选及其方法研究[C].第一届全国化学工程与生物化工年会论文集,南京,2004,11.
- [2] Mao W, Lewis J A. Biocontrol of selected soilborne diseases of tomato and pepper plants[J]. Crop Protection, 1998, 17(6): 535~542.
- [3] Leonard J, Herr. Biological control of *Rhizoctonia solani* by binucleate *Rhizoctonia* spp. and hypovirulent *R. solani* agents[J]. Crop Protection, 1995, 14(3): 179~186.
- [4] 何迎春,高必达.立枯丝核菌的生物防治[J].中国生物防治,2000,16(1): 31~34.
- [5] 柳春燕,郭敏,林学政,等.拟康氏木霉和枯草芽孢杆菌对黄瓜枯萎病的协同防治作用[J].中国生物防治,2005, 21(3): 206~208.
- [6] Daniel P, Roberts Scott M, Lohrke Susan, et al. Biocontrol agents applied individually and in combination for suppression of soilborne diseases of cucumber [J]. Crop Protection, 2005, (24): 141~155.
- [7] 陶晶,李春,吴艳,等.加工番茄促生防菌的筛选及其抑菌效果测定[J].石河子大学学报,2006,24(2): 34~37.
- [8] 胡剑,林心怡,张九一,等.拮抗菌 BS-98 分泌抗菌蛋白的条件及发酵液特性[J].微生物通报,1996,23(6): 323~326.
- [9] 郑爱萍,李平,王世全,等.水稻纹枯病菌拮抗菌 B34 分离鉴定及杀菌蛋白的获得[J].中国水稻科学,2002,16(4): 356~360.
- [10] 谢栋,彭憬,王津红,等.枯草芽孢杆菌抗菌蛋白 X98III 的纯化与性质[J].微生物学报,1998,38(1): 13~19.
- [11] 郭爱莲,赵志厚,张泉珍.富马酸二甲酯对饲料的防霉效果试验[J].陕西农业科学,1997,(2): 17~18.
- [12] 方中达.植病研究方法(第三版)[M].北京:中国农业出版社,1998.182.
- [13] 陶晶,李晖,赵思峰,等.协同增效型拮抗细菌组合 CL-7 和 CL-8 的稳定性及其对加工番茄的室内促生防病效果[J].中国生物防治,2006,(7): 38~43.
- [14] 魏东胜,陈云芳,刘大群.芽孢杆菌 B21 菌株及其发酵液对番茄灰霉菌 C31 的影响[J].河北农业大学学报,2002,25(4): 73~76.
- [15] 涂璇.辣椒疫霉生防菌筛选及生防菌剂应用研究[D].陕西杨凌西北农林科技大学硕士学位论文,2004.
- [16] 胡小平,王长发. SAS 基础及统计实例教程[M].西安:西安图书出版社,2001.77~78.
- [17] 张致平.微生物药理学[M].北京:化学工业出版社,2003.
- [18] 曹理想,周世宁.植物内生放线菌研究[J].微生物学通报,2004,31(4): 93~96.
- [19] Hitoshi Kunoh. Endophytic Actinomycetes: Attractive Bioncontrol Agent [J]. Plant Pathol, 2002, 68: 249~252.
- [20] 王永中,肖亚中.植物内生菌及其活性代谢产物[J].微生物杂志 2004,21(4): 1~5.
- [21] Tomlo Nishimura, Akane Meguro, Sachiko Hasegawa. An Endophytic Actinomycetes, *Streptomyces* sp. AOK-30, Isolated from Mountain Laurel and Its Antifungal Activity [J]. Plant Pathol, 2002, 68: 390~397.
- [22] Gary A. Strobel. Endophytes as sources of bioactive products[J]. Microbes and Infection, 2003(5): 535~544.
- [23] 蔡艳,薛泉宏,陈占全,等.青海高原东部土壤辣椒疫霉生防菌的初步筛选[J].西北农业学报,2007,16(2): 241~244.
- [24] 王晓敏,巩振辉,逯红栋,等.辣椒疫霉菌孢子诱导技术研究[J].西北农业学报,2006,15(2): 59~62.

(上接第 261 页)

- [25] Strobel G A, Miller R V, Martinez-Miller C, Condrón M M, Teplow D B, Hess W M. Cryptocandin, A potent antimycotic from the endophytic fungus *Cryptosporiopsis* cf. *quercina*[J]. Microbiology, 1999, 145: 1919~1926.
- [26] 王梅霞.产黄酮类物质银杏内生真菌菌株的初步研究[D].南京师范大学生物学系,2003.
- [27] 曾松荣,徐倩雯,叶保童,等.虎杖内生真菌的分离及产抗菌活性物质的筛选[J].菌物研究,2005,3(2): 24~26.

(上接第 265 页)

- [2] Strobel G A, Miller R V, Martinez-Miller C, Condrón M M, Teplow D B, Hess W M. Cryptocandin, A potent antimycotic from the endophytic fungus *Cryptosporiopsis* cf. *quercina*[J]. Microbiology, 1999, 145: 1919~1926.
- [3] 王梅霞.产黄酮类物质银杏内生真菌菌株的初步研究[D].南京师范大学生物学系,2003.
- [4] 曾松荣,徐倩雯,叶保童,等.虎杖内生真菌的分离及产抗菌活性物质的筛选[J].菌物研究,2005,3(2): 24~26.
- [5] 慕立义主编.植物化学保护研究方法[M].北京:中国农业出版社,1994.
- [6] 张穗.杀菌剂生物测定技术[J].植物保护,1999,25(3): 35~37.
- [7] 陈年春.农药生物技术测定[M].北京:北京农业大学出版社,1991.161~16.
- [8] 农药田间药效试验准则(一).农业部农药检定所生测室.

内生真菌2K3代谢产物抗菌活性研究

作者: [武金占](#), [陈华保](#), [李会玲](#), [杨春平](#), [魏少鹏](#), [姬志勤](#), [WU Jin-zhan](#), [CHENG Hua-bao](#), [LI Hui-ling](#), [YANG Chun-ping](#), [WEI Shao-peng](#), [JI Zhi-qin](#)

作者单位: [武金占, 李会玲, 杨春平, 魏少鹏, 姬志勤, WU Jin-zhan, LI Hui-ling, YANG Chun-ping, WEI Shao-peng, JI Zhi-qin \(西北农林科技大学农药研究所, 陕西杨凌, 712100\)](#), [陈华保, CHENG Hua-bao \(四川农业大学农学院, 四川雅安, 625014\)](#)

刊名: [西北农业学报](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)

年, 卷(期): 2007, 16(5)

被引用次数: 2次

参考文献(8条)

1. [王建锋](#) [植物内生真菌抗肿瘤活性物质的研究](#)[学位论文] 2001
2. [Strobel G A;Miller R V;Martinez-Miller C;Condron M M, Teplow D B, Hess W M](#) [Cryptocandin, A potent antimycotic from the endophytic fungus Cryptosporiopsis cf. quercina](#) 1999
3. [王梅霞](#) [产黄酮类物质银杏内生真菌菌株的初步研究](#)[学位论文] 2003
4. [曾松荣](#), [徐倩雯](#), [叶保童](#), [柯野](#), [方白玉](#), [黄晓敏](#) [虎杖内生真菌的分离及产抗菌活性物质的筛选](#)[期刊论文]-[菌物研究](#) 2005(2)
5. [慕立义](#) [植物化学保护研究方法](#) 1994
6. [张穗](#) [杀菌剂生物测定技术](#)[期刊论文]-[植物保护](#) 1999(3)
7. [陈年春](#) [农药生物技术测定](#) 1991
8. [农药田间药效试验准则\(一\)](#)

本文读者也读过(10条)

1. [孙兆贵](#), [王元秀](#), [Sun Zhaogui](#), [Wang Yuanxiu](#) [亚致死剂量的雷公藤抑制赤拟谷盗种群增殖和增加农药敏感性](#)[期刊论文]-[山东师范大学学报\(自然科学版\)](#) 2005, 20(3)
2. [黎磊石](#) [雷公藤治疗免疫性肾脏病的机理及应用研究](#)[会议论文]-2004
3. [周小慧](#), [胡春海](#), [龙绛雪](#), [ZHOU Xiao-Hui](#), [HU Chun-Hai](#), [LONG Jiang-Xue](#) [雷公藤总甙对马尾松毛虫生物活性的影响](#)[期刊论文]-[经济林研究](#) 2005, 23(2)
4. [李会玲](#), [杨春平](#), [武金占](#), [邵彦坡](#), [姬志勤](#), [LI Hui-ling](#), [YANG Chun-ping](#), [WU Jin-zhan](#), [SHAO Yan-po](#), [JI Zhi-qin](#) [冬青卫矛内生真菌2QR1菌株代谢产物的杀菌活性](#)[期刊论文]-[西北农林科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2007, 35(6)
5. [张岩](#), [谷永强](#) [Rosco抗真菌药敏纸片扩散法临床应用分析](#)[期刊论文]-[临床医药实践](#) 2005, 14(8)
6. [罗都强](#), [张兴](#), [冯俊涛](#) [杀虫植物雷公藤研究进展](#)[会议论文]-1999
7. [刘惠霞](#), [杨从军](#), [吴昊](#), [吴文君](#), [廉喜红](#) [苦皮藤素V对昆虫选择毒性机理的进一步研究](#)[期刊论文]-[西北农林科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2002, 30(2)
8. [邹强](#), [龙建友](#), [姬志勤](#), [魏少鹏](#), [黄伟平](#), [吴文君](#), [ZOU Qiang](#), [LONG Jian-you](#), [JI Zhi-qin](#), [WEI Shao-peng](#), [HUANG Wei-ping](#), [WU Wen-jun](#) [苦皮藤内生真菌As菌株代谢产物抑菌活性初步研究](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2007, 16(2)
9. [周新强](#), [蔡兴玲](#) [冀建宛老中医运用复方马钱子胶囊治疗周围神经炎76例](#)[期刊论文]-[国医论坛](#) 2006, 21(1)
10. [丁伟](#), [吴文君](#), [赵志模](#), [DING Wei](#), [WU Wen-jun](#), [ZHAO Zhi-mo](#) [抗辛硫磷及氰戊菊酯的棉铃虫品系对苦皮藤素的敏感性](#)[期刊论文]-[西南农业学报](#) 2000, 13(1)

引证文献(2条)

1. [宋萍](#), [洪伟](#), [吴承祯](#), [封磊](#) [雷公藤内生真菌的抑菌活性研究](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2010(05)

2. [徐范范](#) [药用植物内生真菌产次生代谢产物的研究进展](#)[期刊论文]-[医学综述](#) 2010(17)

引用本文格式: [武金占](#). [陈华保](#). [李会玲](#). [杨春平](#). [魏少鹏](#). [姬志勤](#). [WU Jin-zhan](#). [CHENG Hua-bao](#). [LI Hui-ling](#). [YANG Chun-ping](#). [WEI Shao-peng](#). [JI Zhi-qin](#) [内生真菌2K3代谢产物抗菌活性研究](#)[期刊论文]-[西北农业学报](#) 2007(5)