

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第7期 Vol.32 No.7 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 7 期

2012 年 4 月 (半月刊)

目 次

城市生态景观研究的基础理论框架与技术构架	孙然好, 许忠良, 陈利顶, 等 (1979)
拟南芥芥子酸酯对 UV-B 辐射的响应	李 敏, 王 垠, 牟晓飞, 等 (1987)
蛋白核小球藻对 Pb(II) 和 Cd(II) 的生物吸附及其影响因素	姜 晶, 李 亮, 李海鹏, 等 (1995)
梨枣在果实生长期对土壤水势的响应	韩立新, 汪有科, 张琳琳 (2004)
产业生态系统资源代谢分析方法	施晓清, 杨建新, 王如松, 等 (2012)
基于物质流和生态足迹的可持续发展指标体系构建——以安徽省铜陵市为例	 赵卉卉, 王 远, 谷学明, 等 (2025)
河北省县域农田生态系统供给功能的健康评价	白琳红, 王 卫, 张 玉 (2033)
温郁金内生真菌 <i>Chaetomium globosum</i> L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理	 王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 等 (2040)
基于稳定碳同位素技术的华北低丘山区核桃-小麦复合系统种间水分利用研究	 何春霞, 孟 平, 张劲松, 等 (2047)
云贵高原喀斯特坡耕地土壤微生物量 C、N、P 空间分布	张利青, 彭晚霞, 宋同清, 等 (2056)
水稻根系通气组织与根系泌氧及根际硝化作用的关系	李奕林 (2066)
苹果绵蚜对不同苹果品种春梢生长期生理指标的影响	王西存, 于 毅, 周洪旭, 等 (2075)
磷高效转基因大豆对根际微生物群落的影响	金凌波, 周 峰, 姚 涓, 等 (2082)
基于 MODIS-EVI 数据和 Symlet11 小波识别东北地区水稻主要物候期	 徐岩岩, 张佳华, YANG Limin (2091)
基于降水利用比较分析的四川省种植制度优化	王明田, 曲辉辉, 杨晓光, 等 (2099)
气候变暖对东北玉米低温冷害分布规律的影响	高晓容, 王春乙, 张继权 (2110)
施肥对巢湖流域稻季氨挥发损失的影响	朱小红, 马中文, 马友华, 等 (2119)
丛枝菌根真菌对枳根净离子流及锌污染下枳苗矿质营养的影响	肖家欣, 杨 慧, 张绍铃 (2127)
不同 R:FR 值对菊花叶片气孔特征和气孔导度的影响	杨再强, 张 静, 江晓东, 等 (2135)
神农架海拔梯度上 4 种典型森林凋落物现存量及其养分循环动态	刘 蕾, 申国珍, 陈芳清, 等 (2142)
黄土高原刺槐人工林地表凋落物对土壤呼吸的贡献	周小刚, 郭胜利, 车升国, 等 (2150)
贵州雷公山秃杉种群生活史特征与空间分布格局	陈志阳, 杨 宁, 姚先铭, 等 (2158)
LAS 测算森林冠层上方温度结构参数的可行性	郑 宁, 张劲松, 孟 平, 等 (2166)
基于 RS/GIS 的重庆缙云山自然保护区植被及碳储量密度空间分布研究	 徐少君, 曾 波, 苏晓磊, 等 (2174)

模拟氮沉降增加对寒温带针叶林土壤 CO₂ 排放的初期影响 温都如娜,方华军,于贵瑞,等 (2185)

桂江流域附生硅藻群落特征及影响因素..... 邓培雁,雷远达,刘 威,等 (2196)

小浪底水库排沙对黄河鲤鱼的急性胁迫..... 孙麓垠,白音包力皋,牛翠娟,等 (2204)

上海池塘养殖环境成本——基于双边界二分式 CVM 法的实证研究 唐克勇,杨正勇,杨怀宇,等 (2212)

稻纵卷叶螟绒茧蜂对寄主的搜索行为 周 慧,张 扬,吴伟坚 (2223)

农林复合系统中灌木篱墙对异色瓢虫种群分布的影响..... 严 飞,周在豹,王 朔,等 (2230)

苹果脱乙酰几丁质发酵液诱导苹果叶片对斑点落叶病的早期抗性反应.....
..... 王荣娟,姚允聪,戚亚平,等 (2239)

专论与综述

气候变化影响下海岸带脆弱性评估研究进展..... 王 宁,张利权,袁 琳,等 (2248)

外来红树植物无瓣海桑引种及其生态影响 彭友贵,徐正春,刘敏超 (2259)

问题讨论

城市污泥生物好氧发酵对有机污染物的降解及其影响因素..... 余 杰,郑国砥,高 定,等 (2271)

4 种绿化树种盆栽土壤微生物对柴油污染响应及对 PAHs 的修复 闫文德,梁小翠,郑 威,等 (2279)

研究简报

云南会泽铅锌矿废弃矿渣堆常见植物内生真菌多样性..... 李东伟,徐红梅,梅 涛,等 (2288)

南方根结线虫对不同砧木嫁接番茄苗活性氧清除系统的影响 梁 朋,陈振德,罗庆熙 (2294)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 322 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-04



封面图说: 站立的仓鼠——仓鼠为小型啮齿类动物,栖息于荒漠、荒漠草原等地带的洞穴之中。白天他们往往会躲在洞穴中睡觉和休息,以避开天敌的攻击,偶尔也会出来走动,站立起来警惕地四处张望。喜欢把食物藏在腮的两边,然后再走到安全的地方吐出来,由此得仓鼠之名。它们的门齿会不停的生长,所以它们的上下门齿必须不断啃食硬东西来磨牙,一方面避免门齿长得太长,妨碍咀嚼,一方面保持门牙的锐利。仓鼠以杂草种子、昆虫等为食。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110081465

王艳红, 吴晓民, 朱艳萍, 张敏, 汪树理, 杨信东. 温郁金内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理. 生态学报, 2012, 32(7): 2040-2046.

Wang Y H, Wu X M, Zhu Y P, Zhang M, Wang L, Yang X D. Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus *Chaetomium globosum* L18 from *Curcuma wenyujin*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(7): 2040-2046.

温郁金内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 对植物病原菌的抑菌谱及拮抗机理

王艳红^{1,*}, 吴晓民², 朱艳萍¹, 张敏¹, 汪树理¹, 杨信东³

(1. 吉林农业大学农业部参茸产品质量监督检验测试中心, 长春 130118; 2. 吉林农业大学附属医院, 长春 130118

3. 吉林农业大学农学院, 长春 130118)

摘要: 通过体外培养法, 研究了药用植物温郁金内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 对几种常见的植物病原菌的抑菌谱及其拮抗机理。结果表明, *Chaetomium globosum* L18 对多种植物病原真菌和细菌均有不同程度的抑制作用, 具有较广的抑菌谱, 但对不同植物病原菌的抑制作用具有显著性差异 ($P < 0.05$), 抑制率最高可达到 92.9%; 抑菌机制结果显示, 竞争作用和重寄生作用是其主要的拮抗机制之一; 发酵产物抑制作用测定发现, 内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 能够分泌产生抗菌物质抑制病原菌菌丝的生长和孢子萌发, 可引起病原菌菌丝膨大成串珠状, 分枝增多, 分枝顶端膨胀后细胞壁破裂, 原生质外溢, 产生溶菌作用; 使分生孢子萌发畸形, 萌发率降低。

关键词: 温郁金; 内生真菌; *Chaetomium globosum* L18; 植物病原菌; 抑菌谱; 拮抗机理

Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus *Chaetomium globosum* L18 from *Curcuma wenyujin*

WANG Yanhong^{1,*}, WU Xiaomin², ZHU Yanping¹, ZHANG Min¹, WANG Shuli¹, YANG Xindong³

1 Jilin Agriculture University, Ginseng and Cartilaginous Testing Center of the Ministry of Agriculture, Changchun 130118, China

2 Jilin Agriculture University Affiliated Hospital, Changchun 130118, China

3 College of Agronomy, in Jilin Agriculture University, Changchun 130118, China

Abstract: Fungal endophytes are microorganisms that colonize living, internal tissues of plants without causing any immediate, overtly negative effects. Many fungal endophytes produce secondary metabolites and some of these compounds exhibit antifungal and antibacterial activity that strongly inhibits the growth of other microorganisms. Antimicrobial strains are widely distributed among endophytic fungi and do not cause any obvious symptoms on host plants. Infected hosts usually grow quickly, have strong resistance to adverse conditions and diseases, and are immune to herbivory in comparison with uninfected plants. Endophyte-infected plants thus have competitive advantage. Endophytes act as biological control agents by inhibiting pathogen growth by the production of antibiotics, hydrolases, plant growth regulators and alkaloids. They also compete with pathogens for nutrition, enhancing resistance of host plants to diseases and inducing systemic resistance. Endophytic fungi are therefore biological control agents with great potential for applied use.

We investigated the antimicrobial properties of an endophytic fungus *Chaetomium globosum* L18 from a traditional Chinese medicinal plant *Curcuma wenyujin* Y. H. Chen et C. Ling (Zingiberaceae), on several conventional plant

基金项目: 吉林农业大学博士启动基金(201110); 浙江省重大科技专项资助项目(2005C13019)

收稿日期: 2011-10-08; 修订日期: 2012-02-22

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yanhong-w@163.com

pathogens, using in vitro culturing methods. We thus present a preliminary discussion of the antimicrobial spectrum and antagonistic mechanisms of *Chaetomium globosum* L18. This fungus had different inhibitory actions on plant pathogenic fungi and bacteria, and wide-ranging inhibitory effects. There was significant difference ($P < 0.05$) on inhibition of different plant pathogenic bacteria; and the inhibition rate was up to 92.9%. Our inhibition experiment showed that competition and mycoparasitism were the main antagonistic mechanisms. When two strains intersected with pathogenic fungi on co-culturing plates, plant pathogens were surrounded, and the margins of colonies gradually collapsed and shriveled. The pathogens stopped growing and began to die; and *Chaetomium globosum* L18 colonized the nutritious space. *Chaetomium globosum* L18 parasitized pathogens by parallel intergrowth, intertwining, and even penetrating their mycelia. Our fermented product test showed that *Chaetomium globosum* L18 was able to strongly inhibit mycelial growth and spore germination. Its presence resulted in mycelia that were twisted and inflated, with increased abnormal branching, broken mycelial walls, and cell contents released. Spores were reduced in number and deformed; germination rate and germination tube length were decreased.

Key Words: *Curcuma wenyujin*; endophytic fungi; *Chaetomium globosum*; pathogenic fungi; inhibiting range; inhibiting mechanism

植物病害是引起农作物品质下降,产量损失的主要原因之一,而约 80% 的植物病害是由植物病原菌引起的^[1]。目前对植物病害的主要防治手段是采用化学农药杀菌,而化学农药对人畜的副作用、残留问题及污染环境已成为当今世界首要解决的问题之一。越来越多抗药性病原菌的出现也加速了某些与环境相容性好、药效持久、且对人体和生态环境无公害的生物型农药和农用抗生素的开发^[2]。

植物内生真菌是生长于植物根、茎、叶等组织的细胞间隙或细胞内的一类真菌,是植物微生态系统中的重要组成成分^[3]。植物内生真菌中广泛分布着抗菌活性菌株,其在进化过程中形成了丰富的代谢系统,能产生众多的抗菌产物,并在一定条件下成为植物病原菌的拮抗菌,却不会引起宿主植物明显的病症^[4-5]。自然界约有 25 万种植物,于是便形成了一个巨大的真菌资源库。因此,植物内生真菌是一类很有潜力的生物防治材料^[6]。本文以浙江省道地药材温郁金中分离的一株内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 为研究对象,通过对常见的几种植物病原菌的抗菌试验,测定了该菌株的抑菌谱,并对其拮抗机制作了初步的探索研究。为寻找新的拮抗菌株或抗菌活性物质奠定了基础。

1 材料和方法

1.1 实验材料

(1) 内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 从传统中药材植物温郁金的叶片中分离得到,通过形态学观察结合 ITS 序列分析将其鉴定为毛壳菌属的球毛壳菌 *Chaetomium globosum*。在 GenBank 上的基因登录号为 GU564156。保存于吉林农业大学农学院的植物病理实验室。

(2) 供试病原菌 玉米大斑病菌 *Exserohilum turcicum*、黄瓜枯萎病菌 *Fusarium oxysporium* f. sp. *cucumerinum*、禾谷镰孢菌 *Fusarium graminearum*、串珠镰孢菌 *Fusarium moniliforme*、玉米弯孢叶斑病菌 *Curvularia lunata*、番茄灰霉病菌 *Botrytis cinerea*、烟草赤星病菌 *Alternaria alternata*、辣椒炭疽病菌 *Colletotrichum capsici*、立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani*、白菜软腐病菌 *Erwinia carotovora* var. *carotovora*、十字花科蔬菜黑腐病菌 *Xanthomonas campestris* var. *campestris*、茄科青枯病菌 *Ralstonia solanacearum*。以上菌株均由吉林农业大学农学院植物病理实验室提供。

1.2 实验方法

1.2.1 内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 菌株抗菌谱的测定

(1) 采用部分改进的对峙培养法^[7]测定活菌活性 在直径 9cm 的 PDA 平板上接入供试植物病原菌和 *Chaetomium globosum* L18 菌株,两接种点相距 3—4cm,病原菌或拮抗菌单独接种在 PDA 平板上做对照,均设

5 个重复,在 28℃ 下培养 5—7d,测量抑菌带宽度。

(2)采用滤纸片扩散法^[8]测定发酵产物活性 将斜面培养的测试病原菌用无菌水洗下其孢子,与适量培养基混匀,倒平板,待培养基凝固。将 *Chaetomium globosum* L18 菌株发酵液的乙酸乙酯提取物配成 20mg/mL 甲醇溶液,然后取 50μL 其溶解液溶于无菌滤纸片(φ=0.6—0.7cm)上,使其充分吸收,略微风吹干后,平放于含有各测试菌的培养皿中,分别作 5 个重复。用纯甲醇溶液作空白对照。将制好后的培养皿在 28℃ 恒温培养 5—7d 后观察有无抑菌圈,并测量抑菌圈直径。

(3)采用生长速率法^[9]测定发酵液浓度对抑菌效果的影响 将 *Chaetomium globosum* L18 菌株的发酵液按不同倍数稀释后与 PDA 培养基混合倒入平板,无菌水作对照,待凝固,将活化好的病原菌菌饼接入,于 28℃ 下培养 5d 后测量菌落直径,计算抑菌率(为对照组菌落直径与实验组菌落直径的差占对照组菌落直径的百分比)。每组实验重复 5 次。

1.2.2 拮抗菌株 *Chaetomium globosum* L18 抑菌机制的初步研究

(1)生长竞争作用^[10] 选取对 *Chaetomium globosum* L18 菌株最为敏感的几株病原菌(玉米大斑病菌、禾谷镰孢菌、串珠镰孢菌、玉米弯孢叶斑病菌及立枯丝核菌)分别与其作对峙拮抗培养试验,采用两点对峙培养即在直径 9cm 的 PDA 平板相对的位置上接入 *Chaetomium globosum* L18 菌株与供试病原菌株,两接种点相距 2cm 左右,病原菌或拮抗菌单独接种在 PDA 平板上做对照,均设 5 个重复,28℃ 下恒温培养,观察菌落的生长及相互影响情况。

(2)重寄生作用的测定 挑起上述对峙培养两菌落交界处的菌丝块,于光学显微镜下观察。

(3)病原真菌孢子萌发实验^[11] 将供试病原菌孢子制备孢子悬浮液(显微镜 100 倍下 100 个孢子/视野)用二倍稀释法加入 *Chaetomium globosum* L18 菌株的发酵产物,采用载玻片上萌发法,8 h 后镜检孢子萌发情况及萌发孢子芽管的畸形情况。

(4)对病原菌菌丝生长和菌丝形态的影响 将 *Chaetomium globosum* L18 菌株的发酵产物与 PDA 培养基混合,配制成 10 mg/L 的含药培养基,无菌水作对照,然后分别加入培养 5 d 的病原菌菌块,置于培养皿中央,4 d 后观察菌丝的生长情况及菌丝的形态。

2 结果与分析

2.1 *Chaetomium globosum* L18 菌株的抑菌谱

采用平板对峙法、生长速率法和滤纸片扩散法都显示 *Chaetomium globosum* L18 菌株及其发酵产物对各植物病原菌均有不同程度的抑制作用。对峙平板实验中,除了部分抑菌带不明显外,其它的抑菌带均较明显,其平均抑菌带宽度见表 1。

表 1 *Chaetomium globosum* L18 菌株对不同植物病原菌的抑制结果
Table 1 The antibiotic spectrum of *Chaetomium globosum* L18

病原菌 Pathogeny	平均抑菌带宽度/mm Inhibitory strip	病原菌 Pathogeny	平均抑菌带宽度/mm Inhibitory strip
玉米大斑病菌 <i>E. turcicum</i>	9.8	烟草赤星病菌 <i>A. alternata</i>	6.0
黄瓜枯萎病菌 <i>F. oxysporium</i> f. sp. <i>cucum erinum</i>	6.4	十字花科蔬菜黑腐病菌 <i>X. campestris</i> var. <i>campestris</i>	3.9
禾谷镰孢菌 <i>F. graminearum</i>	8.1	立枯丝核菌 <i>R. solani</i>	5.8
串珠镰孢菌 <i>F. moniliforme</i>	8.8	辣椒炭疽病菌 <i>C. capsici</i>	3.4
番茄灰霉病菌 <i>B. cirerea</i>	0.2	茄科青枯病菌 <i>Ralstonia solanacearum</i>	0.2
玉米弯孢叶斑病菌 <i>C. lunata</i>	10.2	白菜软腐病菌 <i>E. carotovora</i> var. <i>carotovora</i>	2.8

由表 1 结果可看出 *Chaetomium globosum* L18 对不同植物病原菌的抑菌程度不同,且对玉米弯孢叶斑病菌 *C. lunata* 和玉米大斑病菌 *E. Turcicum* 的平均抑菌带宽度达到 10.2 mm 和 9.8 mm,而对番茄灰霉病菌 *B. cirerea* 和茄科青枯病菌 *R. solanacearum* 的平均抑菌带宽度只有 0.2 mm。通过方差分析,*Chaetomium globosum*

L18 对不同植物病原菌的抑菌效果存在着显著性差异 ($P < 0.05$)。

滤纸片扩散法测定实验中,多数植物病原菌的平板在滤纸片周围产生的抑菌圈清晰明显(图 1),平均抑菌直径达 18 mm,可见 *Chaetomium globosum* L18 菌株在发酵过程中产生了某些活性抗性物质,对多数植物病原菌具有较强的抑制作用,是一个很有发展前景的抗生素,可进一步进行研究开发。

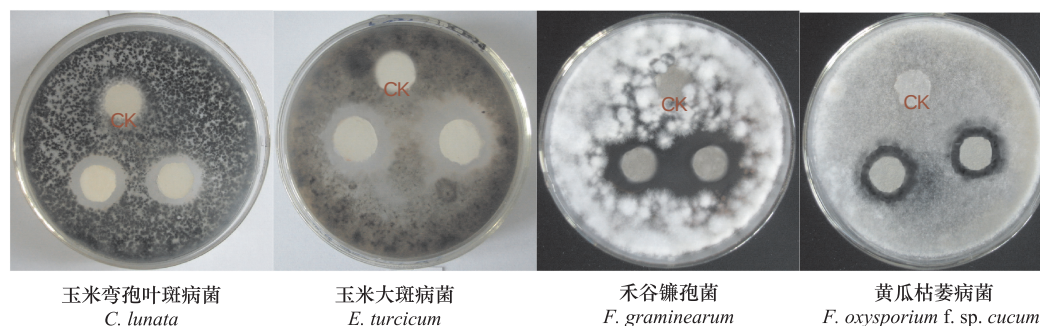


图 1 发酵产物对病原菌的抑制作用

Fig. 1 The growth inhibition of fungus pathogens by fermentation production

生长速率法显示不同稀释倍数的发酵液(原液、10 倍液、20 倍液、40 倍液、60 倍液)对病原菌菌落的生长具有明显不同的抑制作用,抑制率最高可达到 92.9%,最低则只有 18.2%,不同稀释倍数的发酵液对不同病原菌的抑菌率存在着显著性差异 ($P < 0.05$),但总的趋势是发酵液浓度与抑菌率成正比(图 2)。

2.2 拮抗菌 *Chaetomium globosum* L18 与病原菌的作用方式

2.2.1 竞争作用观察结果

体外竞争作用测定结果表明,*Chaetomium globosum* L18 菌株与禾谷镰孢菌的生长速度相近,菌落大小差异不大,但在两菌落相接处有明显的分界线,表明两菌株对抗生长,互相抑制;而对于其它几种病原菌则表现出明显的抑制作用,表现在与对照菌落相比病原菌落生长速度较慢,边缘几乎不产生气生菌丝,到后期,与拮抗菌相交时病原菌菌落被包围,边缘塌陷、菌落开始逐渐萎缩,甚至被完全覆盖,显示了 *Chaetomium globosum* L18 菌株的竞争优势(图 3)。

2.2.2 重寄生作用的观察

Chaetomium globosum L18 菌株对玉米大斑病菌、串珠镰孢菌、玉米弯孢叶斑病菌及立枯丝核菌有很明显的拮抗作用。挑取对峙培养交界面上的菌丝块镜检,镜下可见 *Chaetomium globosum* L18 菌株的菌丝以各种方式寄生于病原菌菌丝上,如与病原菌菌丝平行生长、缠绕在病菌菌丝上,有的还可穿透病菌菌丝和穿入病菌菌丝并在其上生长(图 4);同时,*Chaetomium globosum* L18 菌株菌丝寄生于病菌菌丝上,使病菌的细胞质变稀薄而不能正常生长;当 *Chaetomium globosum* L18 菌株菌丝与病菌菌丝平行生长时,产生分枝吸附于病菌菌丝上,进行侵入、穿透,并通过酶的作用分解菌丝细胞壁,使之消解。由此可见, *Chaetomium globosum* L18 菌株对植物病原真菌的重寄生作用是其拮抗病菌的主要作用机制之一。

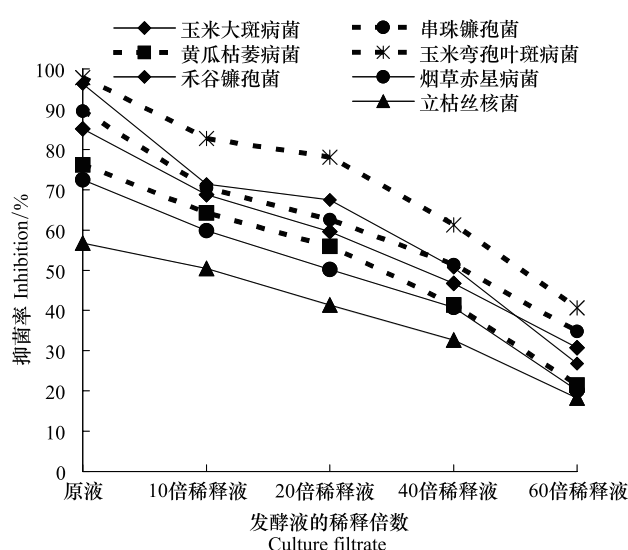


图 2 不同浓度的发酵液对病原菌生长的影响

Fig. 2 Effect of different concentrations culture filtrate on the growth of fungus pathogens

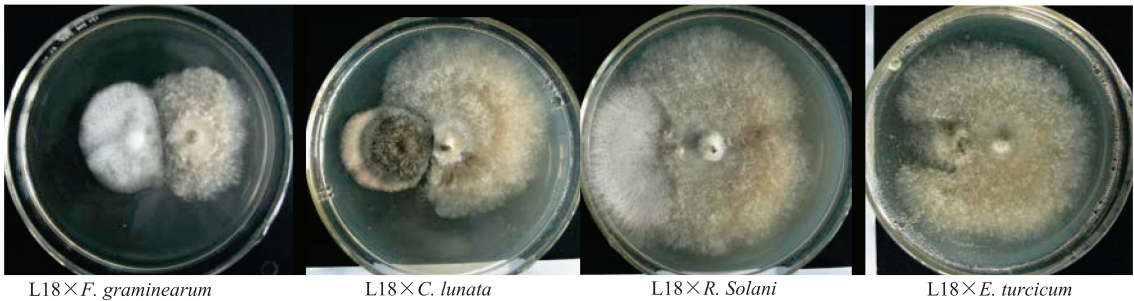


图3 内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 对植物病原菌的抑制作用
Fig. 3 Inhibition of fungus pathogens by *Chaetomium globosum* L18

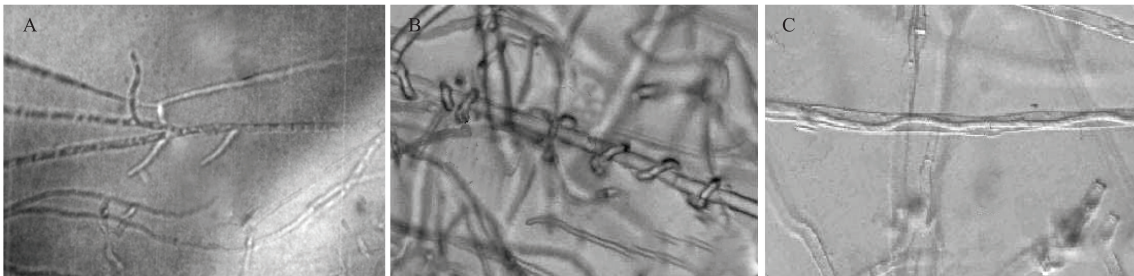


图4 内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 对病原真菌的重寄生作用
Fig. 4 Hyperparasitism of *Chaetomium globosum* L18 on fungus pathogens

A: L18 与病原菌菌丝平行生长; B: L18 的菌丝缠绕病原菌菌丝; C: L18 的菌丝穿入病原菌菌丝并在其内生长

2.3 拮抗菌 *Chaetomium globosum* L18 发酵产物对病原菌的作用方式

2.3.1 对病原菌孢子萌发的影响

从表 2 可看出 *Chaetomium globosum* L18 菌株的发酵产物对玉米大斑病菌、黄瓜枯萎病菌、禾谷镰孢菌、玉米弯孢叶斑病菌及烟草赤星病菌的孢子萌发均具有显著的抑制作用。代谢产物浓度越高,孢子萌发率越低,100 mg/ L 发酵产物处理的孢子几乎不萌发,10 mg/ L 发酵产物处理的孢子萌发率也都不超过 50% ,而且受抑制的孢子芽管长度明显也小于对照组。从图 5 可以看出 *Chaetomium globosum* L18 菌株的发酵产物可导致玉米弯孢叶斑病菌和黄瓜枯萎病菌孢子萌发的芽管畸形,芽管前端膨大或整个膨大成串珠状,芽管上长出的菌丝不能向前伸展,而是丛生聚集在孢子四周,从而使孢子失去了侵袭能力。

表 2 *Chaetomium globosum* L18 发酵产物对病原真菌孢子萌发的抑制作用

Table 2 Inhibition of fermentation production on conidiophores germination of fungus pathogens					
发酵产物浓度/(mg/L) Fermentation production	孢子平均萌发率 Germination rate/%				
	<i>E. turcicum</i>	<i>F. oxysporium</i> f. sp. <i>cucum erinum</i>	<i>F. graminearum</i>	<i>C. lunata</i>	<i>A. alternata</i>
1	55	58	64	58	61
10	40	41	47	43	41
20	30	32	34	28	33
50	15	18	20	16	22
100	0	2	2	0	3
对照 CK	98	91	90	96	89

2.3.2 对病原菌菌丝生长及菌丝形态的影响

100 mg/ L *Chaetomium globosum* L18 菌株代谢产物对病原菌菌丝生长及菌丝形态有强烈影响,菌丝体在含药培养基上生长极慢,生长受到抑制,菌落菌丝层稀薄,菌丝粗细不均匀,在显微镜下观察,菌丝膨大成串珠

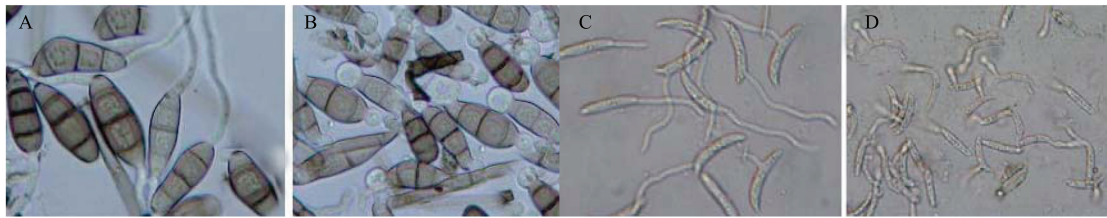


图 5 *Chaetomium globosum* L18 发酵产物对病原菌孢子萌发的影响

Fig. 5 Effect of fermentation production on spores germination of fungus pathogens

A. 正常玉米弯孢叶斑病菌孢子的芽管; B. 发酵产物处理后萌发孢子的芽管; C. 正常黄瓜枯萎病菌孢子的芽管; D. 发酵产物处理后萌发孢子的芽管

状,短而粗,分枝增多,聚集成丛枝状,有的生长菌丝的顶端畸形,形成膨胀泡后破裂,细胞内物质向外泄漏。而对照菌丝均匀、生长旺盛,可见拮抗菌的代谢产物对病原菌菌丝有明显的破坏作用。

3 讨论

植物体在生长发育过程中就滋养了一大批内生菌,它们在一定程度上和植物共栖或弱寄生,其中有不少是属于植物体的习居者,是固定地经常生活在植物体内的一些种群,并起到保护植物的作用,同时,内生菌产生的化合物对植物生长常产生一定影响,因而可作为生防因子加以发掘利用^[12-13]。本实验中的内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 在体外培养条件下有较广的抑菌谱,对多种植物病原菌具有不同的抑制作用,尤其对玉米大斑病菌、禾谷镰孢菌、串珠镰孢菌及玉米弯孢叶斑病菌的抑菌效果较显著,抑菌带宽度均在 8mm 以上,发酵液 20 倍稀释液的抑制率也都在 60% 以上。而且据文献报道,*Chaetomium* sp. 是植物病原菌的生物防治菌且被广泛应用,能产生毛壳素、球毛壳素等多种抗生素,具有抗真菌和细菌活性^[14-15]。因此,内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 是一个很有发展前景的生防菌,值得进一步研究与开发。

内生真菌 *Chaetomium globosum* L18 又具有生长速度快的特点,有较强的营养竞争能力,在生长过程中能占据大部分的营养空间,从而使病原菌菌落最终萎缩,说明竞争作用是其抑制病原真菌的主要机制。*Chaetomium globosum* L18 对病原真菌的重寄生作用也是其拮抗病原真菌的重要机制,它通过缠绕、穿透、侵入等多种寄生方式侵入病原真菌菌丝,通过酶的作用消解病原真菌细胞壁,最终导致病原真菌死亡。同时,*Chaetomium globosum* L18 在生长过程中可能产生某些对病原菌孢子有抑制作用的抗生物质,达到抑菌效果。

Chaetomium globosum L18 的发酵产物对病原菌菌丝生长和孢子萌发都有强烈抑制作用,可造成病原菌菌丝生长畸形,菌丝短粗、膨大成串珠状、丛枝聚集,因而使菌丝不能向前扩展,失去了侵袭能力,同时产孢能力下降,孢子萌发率及芽管长度下降,有报道杀稻瘟菌素—S 便是通过抑制孢子和菌丝的呼吸作用而强烈抑制孢子萌发和菌丝生长的^[16-17],这可能与其中活性物质抑制菌丝和孢子的呼吸作用有关。此外,*Chaetomium globosum* L18 的发酵产物造成敏感菌菌丝尖端形成膨胀泡而破裂,原生质外泄,从而造成溶菌现象,这可能是由于活性物质作用于病原菌的细胞壁、细胞膜,造成细胞壁、细胞膜破裂而引起的,有此类现象的抗生素很多,研究清楚的为多氧霉素—D 和多烯类抗生素,多氧霉素主要是作为几丁质合成酶的竞争性抑制剂抑制几丁质的合成从而破坏病原菌的细胞壁;多烯类抗生素通过与质膜中含有的麦角醇作用损伤细胞质膜造成细胞内物质泄漏,而使菌体减少造成溶菌^[18-19],但 *Chaetomium globosum* L18 的发酵产物的作用点如何还有待进一步研究。

References:

- [1] Li Y, Song X B, Ma Y M, Zhang H C, Shu Y Q. Study on antifungal activities of endophytic fungi isolated from *Eucommia ulmoides* against phytopathogenic fungi. *Journal of North west A & F University (Nat. Sci. Ed.)*, 2007, 35(2): 69-73.
- [2] Ji L L, Zhang Q H, Cui G Y. The antagonism of an endophytic fungus F0238 isolated from *arundo donax* against plant pathogenic fungi. *Microbiology*, 2004, 31 (2): 82-86.
- [3] Guo L D. Advances of researches on endophytic fungi. *Mycosystema*, 2001, 20(1): 148-163.

- [4] Li X, Yao Y H, Sun G Z, Lin W H, Isabel S. Chemical Constituents from marine-derived fungus of *Penicillium* sp. Nat Prod Res Dev, 2007, 19: 804-806.
- [5] Yi X H, Feng J T, Wang Y H, Guo X W, Zhang X. The Preliminary Study on Screening and Identification of Endophytic Fungi Y2 from *Pyrethrum cinerariifolium* and Antifungal Activity of Y2 Fermentation Products. Chinese Journal of Pesticide Science, 2007, 9 (2): 193-196.
- [6] Zhou C, Shao H, Zhang L Q, Yang X Z, Xuan Q, Yang C Y. The potential value to study on the endophytic fungus of plant. Natural Product research and Development, 2001, 14(2): 69-73.
- [7] Kexiang G, Xiaoguang L, Yonghong L, Tianbo Z, Shuliang W. Potential of *Trichoderma harzianum* and *T. atroviride* to control *Botryosphaeria berengeriana* f. sp. *piricola*, the cause of apple ring rot. Journal of Phytopathology. 2002, 150: 271-276.
- [8] Zhuang H R, Wu W S, Lu H S, Wang M Z. Screening test for antimicrobial activities of 25 species of pteridophytes from Fuzhou, Fujian. Subtropical Plant Science, 2000, 29(1): 5-8.
- [9] Chen M, Li C, Qiu Y S, Wang J Y, Yu L. Antagonistic Mechanisms and related properties of strain H5 against black-rot disease of *dracaena sanderiana*. Microbiology, 2008, 35(4): 529-532.
- [10] Zhu T H, Xing X P, Sun X D. The antagonism mechanisms and diseases control trials of *Trichoderma* strain T97 against several plant fungal pathogens in greenhouse. Acta Phytophylacica Sinica, 2004, 31(2): 139-144.
- [11] Xie F X, Ren A Z, Wang Y H, Lin F, Gao Y B. A comparative study of the inhibitive effect of fungal endophytes on turf grass fungus pathogens. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 3913-3920.
- [12] Guo L D. Advances of ruches of endophytic fungi. Mycosystema, 2001, 20 (1): 148-152.
- [13] Liang Y, Gao Y B. Effect of endophyte infection on growth, development and stress resistance of plant. Chin Bull Bot, 2000, 17 (1): 52-59.
- [14] Brewer D, Taylor A. The production of toxic metabolites by *Chaetomium* spp. isolated from soils of permanent pasture. Can. J. Microbiol. 1978, 24: 1082-1086.
- [15] Harman G E. Alteration of spermosphere ecosystem affecting oviposition by the bean seed fly and attack by soilborne fungi on germination seeds. Annals. Applied. Biology, 1978, 90: 16.
- [16] Liu A Y. Inhibition of streptomycin on some oomycetes. Journal of Olant Protection, 2001, 28(3): 254-258.
- [17] Jiang X L, Xie D L, Ni C F, Zhu C X, Song P G. The mode of action of zhongshengmycin on pathogenic fungi. Chinese Journal of Biological Control, 1997, 13(2): 69-71.
- [18] Yang X F, Yang H W, Jian H, Luan X Q. The antibiosis of *Xenorhabdus* spp. against *phytophthora boehmeriae*. Chinese Journal of Biological Control, 1998, 14(1): 21-24.
- [19] Jiang X L, Xie D L. The mechanism of action of agricultural antibiotics. Chinese Journal of Biological Control, 1998, 14(1): 21-24.

参考文献:

- [1] 李雅, 宋晓斌, 马养民, 张弘弛, 苏印泉. 杜仲内生真菌对植物病原真菌的抑菌活性研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(2): 69-73.
- [2] 纪丽莲, 张强华, 崔桂友. 芦竹内生真菌 F0238 对植物病原菌的拮抗作用. 微生物学通报, 2004, 31(2): 82-86.
- [3] 郭良栋. 内生真菌研究进展. 菌物系统. 2001, 20(1): 148-163.
- [4] 李想, 姚燕华, 孙光芝, 林文翰, Isabel Sattler. 红树植物内生真菌 *Penicillium* sp. 的化学成分. 天然产物研究与开发, 2007, 19: 804-806.
- [5] 易晓华, 冯俊涛, 王永宏, 郭小炜, 张兴. 除虫菊内生真菌 Y2 菌株的分离鉴定及其发酵产物抑菌活性初步研究. 农药学报, 2007, 9(2): 193-196.
- [6] 周成, 邵华, 张玲琪, 杨显志, 宣群, 杨春燕. 植物内生真菌研究的应用潜力分析. 天然产物研究与开发, 2001, 14(2): 69-73.
- [8] 庄惠如, 吴文珊, 卢海声, 王明兹. 福建福州 25 种蕨类植物抑菌活性筛选研究. 亚热带植物通讯, 2000, 29(1): 5-8.
- [9] 陈曼, 李赤, 邱逸斯, 王建余. 富贵竹黑腐病拮抗菌 H5 的抑菌机制及相关特性研究. 微生物学通报, 2008, 35(4): 529-532.
- [10] 朱廷恒, 邢小平, 孙顺娣. 木霉 T₉₇ 菌株对几种植物病原真菌的拮抗作用机制和温室防治试验. 植物保护学报, 2004, 31(2): 139-144.
- [11] 谢凤行, 任安芝, 王银华, 林枫, 高玉葆. 内生真菌对草坪植物病原真菌抑制作用的比较. 生态学报, 2008, 28(8): 3913-3920.
- [16] 刘爱媛. 链霉素对几种卵菌的抑制作用. 植物保护学报, 2001, 28(3): 254-258.
- [17] 蒋细良, 谢德龄, 倪楚芳, 朱昌雄; 宋培国. 中生菌素对真菌作用机理的研究. 中国生物防治, 1997, 13(2): 69-71.
- [18] 杨秀芳, 杨怀文, 简恒, 栾显群. 嗜线虫杆菌发酵液对苎麻疫霉的抑制作用. 中国生物防治, 1998, 14(1): 21-24.
- [19] 蒋细良, 谢德龄. 农用抗生素的作用机理. 生物防治通报, 1994, 10(2): 76-81.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 7 April, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Theoretical framework and key techniques of urban ecological landscape research	SUN Ranhao, XU Zhongliang, CHEN Liding, et al (1979)
Response of sinapate esters in <i>Arabidopsis thaliana</i> to UV-B radiation	LI Min, WANG Yin, MU Xiaofei, et al (1987)
Biosorption of lead (II) and cadmium (II) from aqueous solution by <i>Chlorella pyrenoidsa</i> and its influential factors	JIANG Jing, LI Liang, LI Haipeng, et al (1995)
Response of pear jujube trees on fruit development period to different soil water potential levels	HAN Lixin, WANG Youke, ZHANG Linlin (2004)
An approach for analyzing resources metabolism of industrial ecosystems	SHI Xiaoqing, YANG Jianxin, WANG Rusong, et al (2012)
Establishment of environmental sustainability assessment indicators based on material flow and ecological footprint model in Tongling City of Anhui Province	ZHAO Huihui, WANG Yuan, GU Xueming, et al (2025)
Health status evaluation of the farmland supply function at county level in Hebei Province	BAI Linhong, WANG Wei, ZHANG Yu (2033)
Inhibition effects and mechanisms of the endophytic fungus <i>Chaetomium globosum</i> L18 from <i>Curcuma wenyujin</i>	WANG Yanhong, WU Xiaomin, ZHU Yanping, et al (2040)
Water use of walnut-wheat intercropping system based on stable carbon isotope technique in the low hilly area of North China	HE Chunxia, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (2047)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping farmland in a karst region on the Yunnan-Guizhou Plateau	ZHANG Liqing, PENG Wanxia, SONG Tongqing, et al (2056)
Relationship among rice root aerenchyma, root radial oxygen loss and rhizosphere nitrification	LI Yilin (2066)
Effects of <i>Eriosoma lanigerum</i> (Hausmann) on physiological indices of different apple cultivars	WANG Xicun, YU Yi, ZHOU Hongxu, et al (2075)
Effects of P-efficient transgenic soybean on rhizosphere microbial community	JIN Lingbo, ZHOU Feng, YAO Juan, et al (2082)
Detecting major phenological stages of rice using MODIS-EVI data and Symlet11 wavelet in Northeast China	XU Yanyan, ZHANG Jiahua, YANG Limin (2091)
Cropping system optimization based on the comparative analysis of precipitation utilization in Sichuan Province	WANG Mingtian, QU Huihui, YANG Xiaoguang, et al (2099)
The impacts of global climatic change on chilling damage distributions of maize in Northeast China	GAO Xiaorong, WANG Chunyi, ZHANG Jiquan (2110)
Effect of fertilization on ammonia volatilization from paddy fields in Chao Lake Basin	ZHU Xiaohong, MA Zhongwen, MA Youhua, et al (2119)
Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on net ion fluxes in the roots of trifoliate orange (<i>Poncirus trifoliata</i>) and mineral nutrition in seedlings under zinc contamination	XIAO Jiaxin, YANG Hui, ZHANG Shaoling (2127)
The effect of red:far red ratio on the stomata characters and stomata conductance of <i>Chrysanthemum</i> leaves	YANG Zaiqiang, ZHANG Jing, JIANG Xiaodong, et al (2135)
Dynamic characteristics of litterfall and nutrient return of four typical forests along the altitudinal gradients in Mt. Shennongjia, China	LIU Lei, SHEN Guozhen, CHEN Fangqing, et al (2142)
Aboveground litter contribution to soil respiration in a black locust plantation in the Loess Plateau	ZHOU Xiaogang, GUO Shenli, CHE Shengguo, et al (2150)
Life history and spatial distribution of a <i>Taiwania flousiana</i> population in Leigong Mountain, Guizhou Province, China	CHEN Zhiyang, YANG Ning, YAO Xianming, et al (2158)
The feasibility of using LAS measurements of the turbulence structure parameters of temperature above a forest canopy	ZHENG Ning, ZHANG Jinsong, MENG Ping, et al (2166)
Spatial distribution of vegetation and carbon density in Jinyun Mountain Nature Reserve based on RS/GIS	XU Shaojun, ZENG Bo, SU Xiaolei, et al (2174)
Early nitrogen deposition effects on CO ₂ efflux from a cold-temperate coniferous forest soil	WENDU Runa, FANG Huajun, YU Guirui, et al (2185)
Epilithic diatom assemblages distribution in Gui River basin, in relation to chemical and physiographical factors	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (2196)
Acute stress caused by sand discharging on Yellow River Carp (<i>Cyprinus carpio</i>) in Xiaolangdi Reservoir	SUN Luyin, Baiyinbaoligao, NIU Cuijuan, et al (2204)
Environmental cost of pond aquaculture in Shanghai: an empirical analysis based on double-bounded dichotomous CVM method	TANG Keyong, YANG Zhengyong, YANG Huaiyu, et al (2212)
Host searching behaviour of <i>Apanteles cypris</i> Nixon (Hymenoptera: Braconidae) ...	ZHOU Hui, ZHANG Yang, WU Weijian (2223)
The effect of hedgerows on the distribution of <i>Harmonia axyridis</i> Pallas in agroforestry systems	YAN Fei, ZHOU Zaibao, WANG Shuo, et al (2230)
Induction of early resistance response to <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>mali</i> in apple leaves with apple and chitosan fermentation broth ...	WANG Rongjuan, YAO Yuncong, QI Yaping, et al (2239)
Review and Monograph	
Research into vulnerability assessment for coastal zones in the context of climate change	WANG Ning, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (2248)
Introduction and ecological effects of an exotic mangrove species <i>Sonneratia apetala</i>	PENG Yougui, XU Zhengchun, LIU Minchao (2259)
Discussion	
Degradation of organic contaminants with biological aerobic fermentation in sewage sludge dewatering and its influencing factors	YU Jie, ZHENG Guodi, GAO Ding, et al (2271)
Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) using four greening tree species	YAN Wende, LIANG Xiaocui, ZHENG Wei, et al (2279)
Scientific Note	
Diversity of endophytic fungi from six dominant plant species in a Pb-Zn mine wasteland in China	LI Dongwei, XU Hongmei, MEI Tao, et al (2288)
Effects of <i>Meloidogyne incognita</i> on scavenging system of reactive oxygen species in tomato seedlings grafted with different rootstocks ...	LIANG Peng, CHEN Zhende, LUO Qingxi (2294)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 7 期 (2012 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 7 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元