

中国毁丝霉属两个新记录种

韩燕峰^{1*} 王成¹ 王玉荣¹ 陈万浩¹ 梁建东² 梁宗琦¹

(1. 贵州大学 生命科学院真菌资源研究所 贵州 贵阳 550025)

(2. 贵阳中医学院基础医学院 微生物教研室 贵州 贵阳 550002)

摘要:【目的】对我国西部地区土壤中嗜热毁丝霉属真菌资源进行调查。【方法】采集西部地区各省市不同环境的土壤样品,采用富集培养法,从土样中分离毁丝霉属菌株;再采用经典形态学及分子系统学方法相结合对获得的菌株进行鉴定。【结果】共从采集的样品中分离获得12株毁丝霉属菌株,其中G10菌株为异宗毁丝霉 *Myceliophthora heterothallica*, EB6301M菌株为棉毛毁丝霉 *Myceliophthora vellerea*,其余10株菌为嗜热毁丝霉 *Myceliophthora thermophila*。【结论】棉毛毁丝霉和异宗毁丝霉均为我国新记录种。

关键词: 无性型真菌, 丝状真菌, 分类鉴定

Two new records of the genus *Myceliophthora* in China

HAN Yan-Feng^{1*} WANG Cheng¹ WANG Yu-Rong¹ CHEN Wan-Hao¹

LIANG Jian-Dong² LIANG Zong-Qi¹

(1. Institute of Fungus Recourses, College of Life and Science, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

(2. Department of Microbiology, School of Basic Medical Science, Guiyang College of Traditional Chinese Medicine, Guiyang, Guizhou 550002, China)

Abstract: [Objective] The objectives were to study and discover thermophilic fungi from soil in western China. [Methods] Different environmental and regional soil samples were collected and cultivated by the enrichment culture using feather. The strains of the genus *Myceliophthora* were isolated and identified by the classical morphological characters and molecular systematics. [Results] Strain G10 was identified as *Myceliophthora heterothallica*; EB6301M was *M. vellerea* and other ten strains were *M. thermophile*. [Conclusion] *M. heterothallica* and *M. vellerea* were two new record species in China.

Keywords: Anamorphic fungi, Filamentous fungi, Taxonomy and identification

Foundation item: Special Foundation of Ministry of Science and Technology (No. 2013FY110400); National Natural Science Foundation of China (No. 31460010); Excellent Youth Special Foundation of Guizhou Province (No. 2013-05); Natural Science Foundation of Guizhou Province (No. 2012-2070)

*Corresponding author: Tel: 86-851-83856374; E-mail: swallow1128@126.com

Received: November 11, 2015; **Accepted:** January 08, 2016; **Published online** (www.cnki.net): February 01, 2016
基金项目: 科技部基础专项项目子项目(No. 2013FY110400); 国家自然科学基金项目(No. 31460010); 贵州省优秀青年科技人才培养对象专项资金项目(No. 2013-05); 贵州省科学技术基金项目(No. 2012-2070)

*通讯作者: Tel: 86-851-83856374; E-mail: swallow1128@126.com

收稿日期: 2015-11-11; 接受日期: 2016-01-08; 优先数字出版日期(www.cnki.net): 2016-02-01

毁丝霉属 *Myceliophthora* 是 Costantin 于 1892 年根据一种蘑菇病原体 *M. lutea* Cost 为模式种建立的(Costantin, 1892), 有性型隶属于节皮菌属 (*Arthroderma* Curr.)、栉霉属(*Ctenomyces* Eidam)、梭孢壳属(*Thielavia* Zopf)、棒囊壳属(*Corynascus* Arx)^[1]。自建立以来, 此属所包含的类群先后被不同的学者进行了多次修正。根据 Index fungorum (<http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>)的统计, 迄今该属报道的种共记载有 18 个, 去掉一些同物异名和无效种后, 承认的种有 13 个^[2]。国内对毁丝霉属的分类研究比较少。到目前为止, 据可查文献显示, 国内仅见王冬梅等^[3-4]、赵春青等^[5]报到了 3 个新记录种 *M. fergusii* (Klopotek) Oorschot、*M. thermophila* (Apinis) Oorschot 和 *M. hinnulea* Awao & Udagawa 及 Zhang 等^[2]报道了一个新种 *M. guttulata* Y. Zhang & L. Cai。

毁丝霉属分布广泛, 包括河床污泥、堆肥、植物根系、发酵蘑菇基质、鸟巢、动物粪便、动物皮毛和鸟类的体表以及从棕榈油污泥等多种土壤中均可分离到^[6-9]。这些真菌对不同环境的适应能力与其产生不同的、特殊的酶及其他代谢产物有极大的相关性, 显示了极广阔的潜在应用价值。现已发现毁丝霉真菌资源可以产生角蛋白酶、纤维素酶、漆酶、半纤维素酶、 β -葡糖苷酶、淀粉水解酶等酶类^[10-18], 且这类菌对环境的适应能力强, 大多数种是嗜热真菌, 能够产生热稳定的酶。目前国内外对毁丝霉属的研究主要致力于该属新成员的发掘和探索, 以及对已有种在医药、纺织、造纸、功能酶的工业化生产等方面的应用^[19-24]。

在对我国西部地区土壤中的毁丝霉属真菌资源进行调查的过程中, 从重庆市、陕西省、贵州省、湖南省和海南省的土样中分离到 12 株嗜热的毁丝霉, 本文对其进行了形态描述和鉴定。

1 材料与方 法

1.1 菌株的分离

参照韩燕峰等^[25]从土壤中分离真菌的方法进行。菌株 G10 和 EB6301M 分离自重庆歌乐山国家森林公园土样和陕西省合阳县茄子根系土样。菌株

E60501H、E40501H、E31001H、E30701H、E21401H、E21201H、E21103H、E20901H、E20801H 和 E20701H 分别分离自贵州省、湖南省和海南省的动物园土样、河泥以及农田土样。

1.2 菌种的形态学鉴定

形态学鉴定参照已报道的毁丝霉属文献^[26-27]进行。采用查氏培养基和 PDA 培养基^[25]在 40 °C 下恒温培养 7 d, 观察记载菌落特征并用显微镜对菌株的微观产孢结构进行测量和拍照, 然后进行形态学鉴定。

1.3 DNA 提取及 PCR 扩增

参照韩燕峰等^[25]的操作方法, 采用 DNA 提取试剂盒提取总 DNA, 用通用引物 ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') 和 ITS5 (5'-GGTGAGAGATTTCTGTGC-3') 对 ITS1-5.8S-ITS2 rDNA 进行 PCR 扩增。扩增体系选用 25 μ L 反应体系: 10 μ mol/L 引物 ITS4 1 μ L, 10 μ mol/L ITS5 1 μ L, 2 \times Master mix 12.5 μ L, 模板 2 μ L, 无菌水补足 25 μ L。PCR 条件为: 94 °C 3 min; 94 °C 30 s, 55 °C 30 s, 72 °C 1 min, 30 个循环; 72 °C 5 min。将获得的 PCR 产物交北京诺赛公司进行测序, 得到的序列经校正后提交 GenBank (KT892928-KT892939)。

1.4 数据处理和系统发育树的构建

从 GenBank 中下载毁丝霉属种的序列共 20 条(表 1), 以 *Saccharomyces cerevisiae* Meyen ex E.C. Hansen 的 ITS1-5.8S-ITS2 rDNA 序列为外群, 用 ClustalX 1.83 进行序列比对, 手工校正后, 用 MEGA 5.0 中的最大简约法(Maximum parsimony, MP), 经 1 000 次 Bootstrap 验证, 构建系统发育树^[28]。

2 结果与分析

2.1 形态描述与讨论

异宗毁丝霉 中国新记录种 图 1

Myceliophthora heterothallica (Klopotek) van den Brink & Samson, in Brink, Samson, Hagen, Boekhout & Vries, Fungal Diversity 52(1): 206, 2012
=*Thielavia heterothallica* Klopotek, Arch. Mikrobiol. 107(2): 223, 1976
=*Corynascus heterothallicu* (Klopotek) Arx, in von Arx, Dreyfuss & Müller, Persoonia 12(2): 174, 1984

表 1 系统发育分析所用种及其 ITS1-5.8S-ITS2 rDNA 序列信息

Table 1 The species list for the phylogeny analysis and the information of ITS1-5.8S-ITS2 rDNA

种名 Species names	菌株号 Strains No.	登录号 GenBank No.	种名 Species names	菌株号 Strains No.	登录号 GenBank No.
<i>M. thermophila</i>	SH1	JX124712	<i>M. heterothallica</i>	CBS 202.75	HQ871771
<i>M. thermophila</i>	ATCC 48104	KC146362	<i>M. heterothallica</i>	CBS 203.75	JN659479
<i>M. thermophila</i>	GZUIFR-H49-1	HM149535	<i>M. heterothallica</i>	CBS 131.65	HQ871770
<i>M. thermophila</i>	70015228	HQ676489	<i>M. heterothallica</i>	CBS 663.74	HQ871774
<i>M. thermophila</i>	H127-1	JX868606	<i>M. heterothallica</i>	CBS 202.75	JN659478
<i>M. thermophila</i>	WYN8-1	KC342034	<i>M. heterothallica</i>	CBS 203.75	HQ871772
<i>M. guttulata</i>	CGMCC 3.15187	KC352945	<i>M. vellerea</i>	CBS 478.76	HQ871796
<i>M. guttulata</i>	CGMCC 3.15185	KC352943	<i>M. vellerea</i>	CBS 479.76	HQ871797
<i>M. guttulata</i>	CGMCC 3.15186	KC352944	<i>M. vellerea</i>	CBS 715.84	HQ871795
<i>M. verrucosa</i>	MMI00058	JQ246353	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	CBS405	AM262830
<i>M. similis</i>	HMUABO 823124	KC425263			

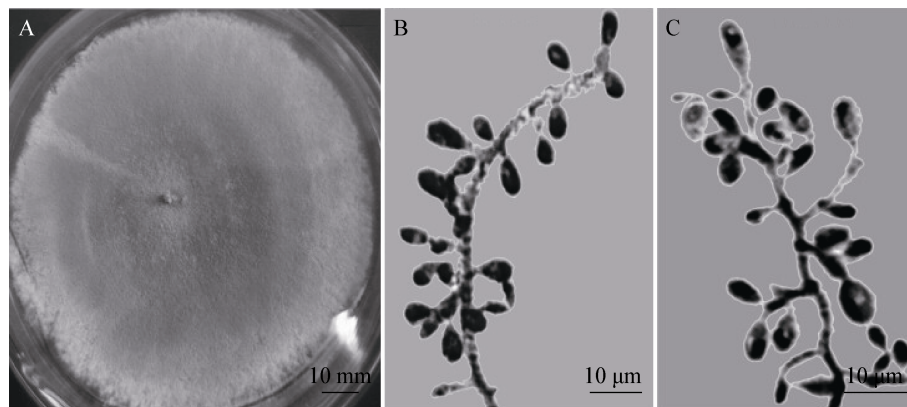


图 1 菌株 G10 的菌落特征及其产孢结构

Figure 1 Colony and Conidiogenous structures of the strain G10

注：A：PDA 培养基上的菌落特征；B、C：产孢结构。

Note: A: Colony on PDA; B, C: Conidiogenous structures.

PDA 培养基上 40 °C 培养 5 d，菌落长满整个直径 90 mm 的平板，平展，最初绒状，然后变成毡状到粉状，中间棕红色，边缘白色。菌落圆形，边缘规则；背面黄棕色。菌丝分隔，透明或半透明，光滑，宽 1.1–3.2 μm；无球拍状菌丝。分生孢子顶生、侧生，直接着生于菌丝上或短柄或短的膨大突起或分枝上，大多数单生，少数 2–3 个成短链，单细胞，壁稍厚，光滑，透明，成熟脱落后常成淡黄棕色，卵圆形到椭圆形，(3.2–8.6) μm×(2.2–4.3) μm，

基痕宽 0.5 μm–2 μm。无间生孢子，厚垣孢子未见。

研究菌株：G10，韩燕峰于 2013 年 6 月采集自重庆歌乐山森林公园的土壤。菌株保存于贵州大学真菌资源研究所(GZAC)。

分布：德国，中国

讨论：毁丝霉属中与菌株 G10 形态相似的种有嗜热毁丝霉 *M. thermophila* (Apinis) Oorschot、弗格斯毁丝霉 *M. fergusii* (Klopotek) Oorschot、黄褐毁丝霉 *M. hinnulea* Awao & Udagawa、水滴状斑点毁丝

霉 *M. guttulata* Y. Zhang & L. Cai 和异宗毁丝霉 *M. heterothallica* (Klopotek) van den Brink & Samson。黄褐毁丝霉 *M. hinnulea* 和弗格斯毁丝霉 *M. fergusii* 明显比菌株 G10 的分生孢子大, 且黄褐毁丝霉 *M. hinnulea* 分生孢子表面粗糙; 水滴状斑点毁丝霉 *M. guttulata* 的分生孢子单生和分生孢子表面具水滴状斑点能与菌株 G10 区别。嗜热毁丝霉 *M. thermophila* 的菌落质地和分生孢子着生方式与 G10 有差异^[9], 异宗毁丝霉 *M. heterothallica* 与 G10 的形态特征基本相似, G10 菌株被鉴定为异宗毁丝霉 *M. heterothallica*, 为国内新记录种。

棉毛毁丝霉 中国新记录种 图 2

Myceliophthora vellerea (Sacc. & Speg.) Oorschot, Stud. Mycol. 20: 47, 1980
 =*Ctenomyces vellereus* (Sacc. & Speg.) P.M. Kirk, Index Fungorum 120: 1, 2014
 =*Sporotrichum vellereum* Sacc. & Speg., Michelia 2 (No. 7): 287, 1881

PDA 培养基上 25 °C 培养 14 d 直径达 54 mm, 白色至浅棕色, 绒毛状, 微隆, 圆形, 边缘较规则, 背面浅黄色。菌丝分隔, 光滑, 透明, 宽 0.5 μm–2.0 μm, 无球拍状菌丝。分生孢子顶生、侧生, 直接着生于菌丝上或短的突起或膨大的支撑细胞上, 大多数单生, 厚壁, 表面光滑或粗糙, 透明至半透明, 椭圆形至梨形, (4–16) μm×(2.0–8.5) μm。基痕宽 1 μm–2 μm。间生孢子单生或成链, 梨形、桶状、梭形、柱状、椭圆形等, 粗糙或光滑, (4–24) μm×(2.0–8.5) μm。无厚垣孢子。

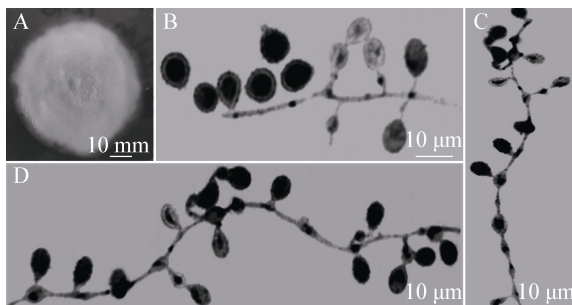


图 2 EB6301M 菌株的菌落特征及其产孢结构
 Figure 2 Colony and conidiogenous structures of EB6301M

注: A: PDA 培养基上的菌落特征; B–D: 产孢结构。
 Note: A: Colony on PDA; B–D: Conidiogenous structures.

研究菌株: EB6301M, 韩燕峰于 2013 年 6 月采集自陕西河阳县茄子地, 菌株保存于贵州大学真菌资源研究所(GZAC)。

分布: 印度、澳大利亚、中国

讨论: 菌株 EB6301M 经与毁丝霉属已报道种的形态特征相比较, 与棉毛毁丝霉 *M. vellerea* 的形态特征基本一致^[27], 该种在 Index fungorum 中于 2014 年被重新命名为 *Ctenomyces vellereus*, 但作者未见正式报道, 本文中仍沿用原名, 为中国新记录种。

嗜热毁丝霉 图 3

Myceliophthora thermophila (Apinis) Oorschot, Persoonia 9(3): 403, 1977
 =*Sporotrichum thermophilum* Apinis [as 'thermophile'], Nova Hedwigia 5: 74, 1963
 =*Chrysosporium thermophilum* (Apinis) Klopotek, Arch. Mikrobiol. 98(4): 366, 1974

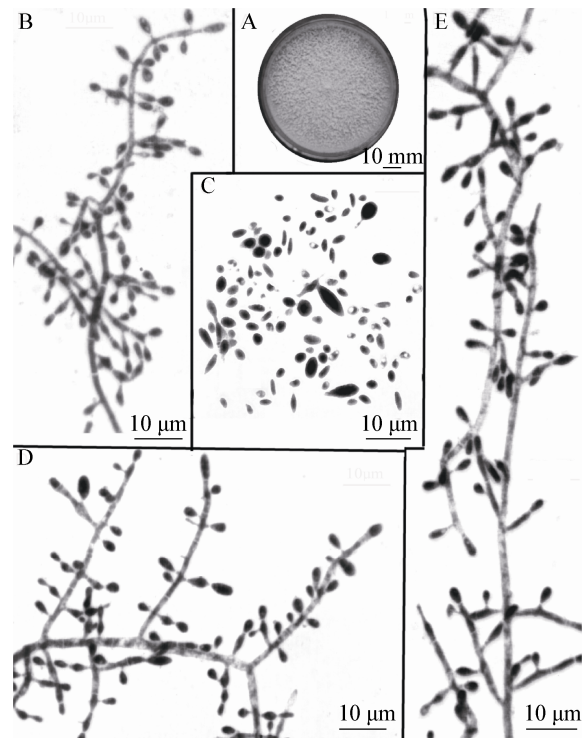


图 3 嗜热毁丝霉菌株 E20701H 的菌落特征及产孢结构
 Figure 3 Colony and conidiogenous structures of *M. thermophila* strains E20701H

注: A: PDA 培养基上的菌落特征; B、D、E: 产孢结构; C: 顶生和侧生孢子。

Note: A: Colony on PDA; B, D, E: Conidiogenous structures; C: Terminal and lateral conidia.

PDA 培养基上 40 °C 培养 4 d, 菌落直径 65 mm–85 mm, 最初白色, 后变为淡棕色或红棕色, 初长绒状, 后变成粉状或毯状, 有时菌丝尖端结成团而形成网孔结构, 有的菌株中央有液体分泌, 边缘规则; 背面奶酪色到浅褐色。菌丝分隔, 透明, 光滑, 宽 1 μm–6 μm; 分生孢子顶生, 侧生; 单生或 2–3 个成短链; 直接着生于菌丝上或短柄或短的膨大突起或分枝上, 大多数卵圆形到椭圆形, (3.2–5.4) μm×(2.2–3.2) μm, 少数长椭圆形到长倒卵圆形、棒状, (6.5–9.7) μm×(2.2–5.4) μm, 基痕宽 0.5 μm–2.2 μm; 无间生孢子, 厚垣孢子未见。

研究菌株: 菌株 E20701H, 分离自王玉荣于 2012 年 2 月采集自贵州开阳的大叶黄杨根系土样。其余菌株 E60501H 和 E21401H 分离自海南三亚;

菌株 E40501H 分离自湖南张家界; 菌株 E31001H、E30701H、E21201H、E21103H、E20901H 和 E20801H 分离自贵州开阳。

分布: 贵州、湖南、海南。

讨论: 该 10 个毁丝霉菌株经过与嗜热毁丝霉模式菌株嗜热毁丝霉 *M. thermophila* (Apinis) Oorschot 的形态描述相比较, 发现它们的形态学特征基本一致^[26]。

2.2 分子鉴定

从 GenBank 中下载毁丝霉属中现有种的 ITS1-5.8S-ITS2 rDNA 序列, 用 ClustalX 1.83 软件对分离的 12 株菌株和这些已知种进行了多序列比对, 用 MEGA 5.0 软件, 以酿酒酵母为外群, 采用 Maximum Parsimony 法构建了待鉴定的 12 个菌株与毁丝霉属其余种的系统发育树(图 4)。

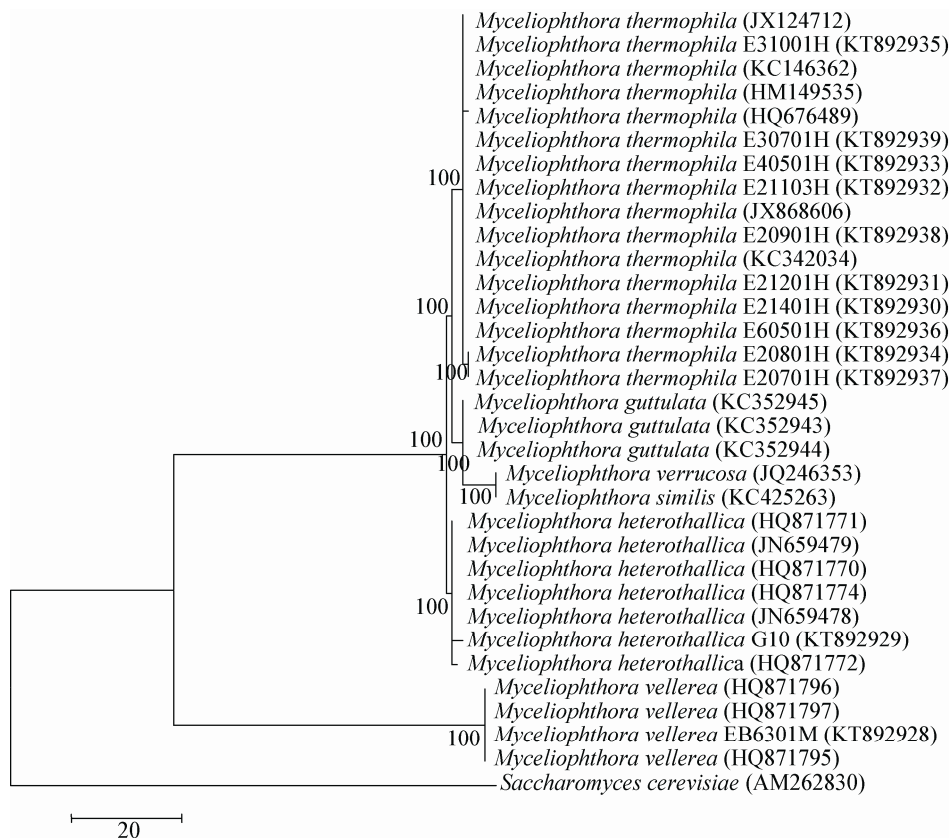


图 4 基于 ITS1-5.8S-ITS2 rDNA 序列采用 MP 法构建的 12 株菌株与毁丝霉属种的系统发育树

Figure 4 Phylogeny tree of 12 strains unclassified and allied *Myceliophthora* spp. based on the ITS1-5.8S-ITS2 rDNA sequences by Maximum Parsimony

注: 种名后括号里数据为 GenBank 登录号; 分支节点处数值为 Bootstrap 1 000 次后得到。

Note: The data in parentheses after the species name were accession No. in GenBank; The bootstrap values were labeled on the nodes of the branches.

结果表明, EB6301M 菌株与 3 个棉毛 *M. vellerea* 很好地聚在一支, G10 菌株与其余 6 个异宗毁丝霉 *M. heterothallica* 聚为一支, E60501H、E40501H、E31001H、E30701H、E21401H、E21201H、E21103H、E20901H、E20801H 和 E20701H 菌株与其余 6 个嗜热毁丝霉 *M. thermophila* 聚在一起。分子系统发育结果支持了上述的形态学鉴定。

3 结论

综上所述, 经形态学及分子系统学综合鉴定, G10 菌株为异宗毁丝霉 *Myceliophthora heterothallica* (Klopotek) van den Brink & Samson, EB6301M 菌株为棉毛毁丝霉 *M. vellerea* (Sacc. & Speg.) Oorschot, 二者均为我国新记录种; 其余 10 株菌为嗜热毁丝霉 *M. thermophila* (Apinis) Oorschot。

参考文献

- Costantin JN. Sur quelques maladies du blanc de champignon[J]. Cr Hebd Séanc Acad Sci Paris, 1892, 114: 849-851
- Zhang Y, Wu WP, Hu DM, et al. A new thermophilic species of *Myceliophthora* from China[J]. Mycological Progress, 2014, 13(1): 165-170
- Wang DM, Li DC, Zhao CQ. Two new records of thermophilic *Myceliophthora* in China[J]. Journal of Fungal Research, 2004, 2(2): 47-49 (in Chinese)
王冬梅, 李多川, 赵春青. 中国毁丝霉属嗜热型真菌两新记录种[J]. 菌物研究, 2004, 2(2): 47-49
- Wang DM, Wang FX, Gao H. Taxonomic studies on thermophilic fungi Deuteromycetes[J]. Journal of Fungal Research, 2007, 5(1): 10-13 (in Chinese)
王冬梅, 王峰祥, 高红. 嗜热真菌的分类研究—半知菌[J]. 菌物研究, 2007, 5(1): 10-13
- Zhao CQ, Li DC. Two new records of the thermophilic fungi in Mainland China[J]. Journal of Fungal Research, 2008, 6(3): 133-135 (in Chinese)
赵春青, 李多川. 中国大陆嗜热真菌 2 新记录种[J]. 菌物研究, 2008, 6(3): 133-135
- Rodrigues A, Moretti MMS, Bonugli-Santos RC, et al. Two new thermophilic species of *Myceliophthora* from soil and compost piles[A]/ICCC-12 Conference[C]. WFCC, 2010
- Domsch KH, Gams W, Anderson TH. Compendium of Soil Fungi[M]. London, England: Academic Press, 1980: 2
- Vikineswary S, Kuthubutheen AJ, Ravooof AA. Growth of *Trichoderma harzianum* and *Myceliophthora thermophila* in palm oil sludge[J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 1997, 13(2): 189-194
- Cooney DG, Emerson R. Thermophilic Fungi. An Account of Their Biology, Activities, and Classification[M]. San Francisco & London: W. H. Freeman & Co., 1964: 27-42
- Bhat KM, Maheshwari R. *Sporotrichum thermophile* growth, cellulose degradation, and cellulase activity[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1987, 53(9): 2175-2182
- Maheshwari R, Bharadwaj G, Bhat MK. Thermophilic fungi: their physiology and enzymes[J]. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 2000, 64(3): 461-488
- Berka RM, Schneider P, Golightly EJ, et al. Characterization of the gene encoding an extracellular laccase of *Myceliophthora thermophila* and analysis of the recombinant enzyme expressed in *Aspergillus oryzae*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1997, 63(8): 3151-3157
- Topakas E, Stamatis H, Biely P, et al. Purification and characterization of a type B feruloyl esterase (StFAE-A) from the thermophilic fungus *Sporotrichum thermophile*[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2004, 63(6): 686-690
- Le Nours J, Ryttersgaard C, Lo Leggio L, et al. Structure of two fungal β -1, 4-galactanases: Searching for the basis for temperature and pH optimum[J]. Protein Science, 2003, 12(6): 1195-1204
- Kaur G, Kumar S, Satyanarayana T. Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould *Sporotrichum thermophile* Apinis[J]. Bioresource Technology, 2004, 94(3): 239-243
- Adams PR. Growth and amylase production in *Sporotrichum thermophile* Apinis[J]. Biotechnology and Applied Biochemistry, 1997, 26(3): 169-170
- Zeng Y, Li ZQ, Xu XP. Advances in the study on keratinase[J]. Strait Pharmaceutical Journal, 2004, 16(6): 10-13 (in Chinese)
曾毅, 李忠琴, 许小平. 角蛋白酶的研究进展[J]. 海峡药学, 2004, 16(6): 10-13
- Zhao XD, Lu T, Liu YF. Research improves on keratinase[J]. Chinese Journal of Aesthetic Medicine, 2005, 14(5): 647-649 (in Chinese)
赵小东, 卢涛, 刘玉峰. 角蛋白酶研究进展[J]. 中国美容医学, 2005, 14(5): 647-649
- Badhan AK, Chadha BS, Kaur J, et al. Production of multiple xylanolytic and cellulolytic enzymes by thermophilic fungus *Myceliophthora* sp. IMI 387099[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(3): 504-510
- Beeson IV WT, Iavarone AT, Hausmann CD, et al. Extracellular aldono-lactonase from *Myceliophthora thermophila*[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2011, 77(2): 650-656
- Bulter T, Alcalde M, Sieber V, et al. Functional expression of a fungal laccase in *Saccharomyces cerevisiae* by directed evolution[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2003, 69(2): 987-995
- Babot ED, Rico A, Rencoret J, et al. Towards industrially-feasible delignification and pitch removal by treating paper pulp with *Myceliophthora thermophila* laccase and a phenolic mediator[J]. Bioresource Technology, 2011, 102(12): 6717-6722
- Sadhukhan R, Roy SK, Raha SK, et al. Induction and regulation of alpha-amylase synthesis in a cellulolytic thermophilic fungus *Myceliophthora thermophila* D14 (ATCC 48104)[J]. Indian Journal of Experimental Biology, 1992, 30(6): 482-486
- Roy SK, Dey SK, Raha SK, et al. Purification and properties of an extracellular endoglucanase from *Myceliophthora thermophila* D-14 (ATCC 48104)[J]. Journal of General Microbiology, 1990, 136(10): 1967-1971
- Han YF, Wang YR, Liang JD, et al. A new species of the genus *Chrysosporium* from the farmland soil of Qinghai Province[J]. Mycosystema, 2013, 32(4): 606-611 (in Chinese)
韩燕峰, 王玉荣, 梁建东, 等. 来自青海农田土壤的金孢属一新种[J]. 菌物学报, 2013, 32(4): 606-611
- van Oorschot CAN. The genus *Myceliophthora*[J]. Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi, 1977, 9(3): 401-408
- van Oorschot CAN. A Revision of *Chrysosporium* and Allied Genera (Studies in Mycology No.20)[M]. Netherlands: Institute of the Royal Netherlands, 1980, 20: 1-89
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, et al. MEGA 5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods[J]. Molecular Biology and Evolution, 2011, 28(10): 2731-2739