

## 安徽的虫草及其相关真菌 II

仇飞<sup>1</sup>, 张琪<sup>1</sup>, 李春如<sup>1\*</sup>, Spatafora Joey<sup>2</sup>, 樊美珍<sup>1</sup>, 李增智<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学微生物防治省重点实验室, 合肥 230036; 2. 美国俄勒冈州立大学, 俄勒冈 97331)

**摘要:** 对安徽省分布的布氏虫草 *Cordyceps brongniartii* 及其无性型布氏白僵菌 *Beauveria brongniartii*、柱形虫草 *Cordyceps cylindrica* 及其无性型紫色野村菌 *Nomuraea atypicola*、牯牛降异虫草 *Metacordyceps guniujiangensis* 及其无性型柱孢绿僵菌近似种 *Metarhizium* aff. *cylindrosporium*、根足线虫草琅琊山变种 *Ophiocordyceps heteropoda* var. *langyashanensis* 及其无性型根足被毛孢 *Hirsutella heteropoda*、腮金龟线虫草 *O. melolonthae*、蜻蜓线虫草 *O. odonatae*、螻蛄线虫草 (朝鲜虫草) *O. gryllotalpae* 和草荆虫草 *Cordyceps kusanagiensis* 等 20 个虫草及其相关真菌种类重新整理发表, 其中腮金龟虫草为大陆首次报道; 同时, 纠正了蜻蜓线虫草原始描述中的错误。鉴定标本保存在安徽农业大学虫生真菌研究中心 (RCEFAAU)。

**关键词:** 安徽; 虫草; 线虫草; 有性型; 无性型

中图分类号: S476.12; Q939

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2012)05-0803-04

## The genus *Cordyceps* and its allies from Anhui II

QIU Fei<sup>1</sup>, ZHANG Qi<sup>1</sup>, LI Chun-ru<sup>1</sup>, SPATAFORA Joey<sup>2</sup>, FAN Mei-zhen<sup>1</sup>, LI Zeng-zhi<sup>1</sup>

(1. Anhui Provincial Key Laboratory for Microbial Control, Hefei 230036; 2. Oregon State University, Oregon, USA 97331)

**Abstract:** In this paper, 20 species of *Cordyceps* and its allies from some nature preserves in Anhui Province were reported as follows: *Cordyceps brongniartii* and its anamorph *Beauveria brongniartii*, *C. cylindrica* and its anamorph *Nomuraea atypicola*, *Metacordyceps guniujiangensis* and its anamorph *Metarhizium* aff. *cylindrosporium*, *Ophiocordyceps heteropoda* var. *langyashanensis* and its anamorph *Hirsutella heteropoda*, *O. melolonthae*, *O. odonatae*, *O. gryllotalpae*, *C. kusanagiensis* and so on. Among them, *O. melolonthae* is a new record to China mainland and a minor error in original description of *O. odonatae* was revised. Specimens examined are deposited in Research Center on Entomogenous Fungi, Anhui Agricultural University (RCEFAAU).

**Key words:** Anhui Province; *Cordyceps*; *Ophiocordyceps*; teleomorph; anamorph

近年来, Sung 等<sup>[1]</sup>利用核糖体大小亚基、EF-1 $\alpha$ 、RPB1、RPB2、ATP6 和  $\beta$ -tubulin 等 7 个基因位点对广义的虫草属 *Cordyceps* s. l. 和麦角菌科 Clavicipitaceae 中 162 个分类群进行了最为系统的分类研究。结果显示虫草属和麦角菌科都是多系群, 于是对虫草属和麦角菌科进行了重新分类。在新的分类系统中, 麦角菌科被分为 3 个单系的科, 包括狭义麦角菌科 Clavicipitaceae s. str.、线虫草科 Ophiocordycipitaceae 和虫草科 Cordycipitaceae。广义的虫草属也被分为了 4 个属: 狭义虫草属

*Cordyceps* s. str.、鹿虫草属 *Elaphocordyceps*、异虫草属 *Metacordyceps* 和线虫草属 *Ophiocordyceps*<sup>[1]</sup>。

安徽省地处我国中东部, 地处北亚热带地区, 具有明显的过渡性特征; 土壤类型多种多样, 植被类型也相对复杂, 为虫草及其相关真菌提供了多种多样的生存环境。安徽省虫草资源可能较为丰富, 其中对牯牛降自然保护区、天堂寨自然保护区及鹞落坪自然保护区等地区做过一些调查, 但还是较为有限。因此, 做好虫草资源调查, 深入了解具有应用价值的虫草并进行合理开发, 有着十分重要的意

收稿日期: 2012-03-28

基金项目: 国家自然科学基金 (30570004), 国家高技术研究发展计划资助项目 (863 计划) (2007AA021506) 和教育部留学回国人员科研启动基金 (2009 年) 共同资助。

作者简介: 仇飞, 男, 硕士研究生。

\* 通讯作者: 李春如, 男, 博士, 教授。E-mail: chunruli@hotmail.com

义。

近20年来,通过对安徽省多个地区数次野外采集和调查,发现安徽省分布的虫草及其相关真菌种类有近40种,保存在安徽农业大学虫生真菌研究中心(RCEFAAU)的种类有34种。2002年李春如等已对其中的19种进行了报道<sup>[2]</sup>。作者对近10年来的泛义的虫草种类进行整理并报道如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 标本采集

本文涉及的虫草标本均采自安徽省。

### 1.2 方法

**1.2.1 有性型鉴定** 采用宏观特征、显微结构及分子测序辅助鉴定等相结合的方法,并参考国内外专著及文献进行鉴定<sup>[1]</sup>。

**1.2.2 菌种分离和纯化** 参考梁宗琦等相关文献及方法<sup>[3]</sup>。

**1.2.3 有性型与无性型关系确证** 参考Li等<sup>[4]</sup>和Huang等<sup>[5]</sup>的相关方法。

## 2 结果与分析

**2.1 布氏虫草 *Cordyceps brongniartii* Shimazu, Trans. Mycol. Soc. Japan 29: 328. 1988.**

寄主:鞘翅目成虫

研究标本:HS970513-106,李春如于1997年5月13日采集于安徽省霍山县落儿岭烂泥坳。

无性型:布氏白僵菌 *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch

**2.2 柱形虫草 *Cordyceps cylindrica* Petch, Trans. Brit. Mycol. Soc. 21: 46.1937.**

寄主:土栖蜘蛛

研究标本:LYS040702-01-06; LYS040703-01-07,陈安徽、陈名君、李春如、钟石等2004年7月2~3日采集于安徽省滁州市琅琊山林场。

无性型:紫色野村菌 *Nomuraea atypicola* (Yasuda) Samson<sup>[6]</sup>

**2.3 草荆虫草 *Metacordyceps kusanagiensis* (Kobayasi & Shimizu) Kepler, G H Sung & Spatafora comb. nov.  $\equiv$  *Cordyceps kusanagiensis* Kobayasi & Shimizu, Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B, 9: 7. 1983.**

寄主:鳞翅目昆虫缀叶丛螟幼虫

研究标本:MRQF070407-01~12,陈安徽、陆荣、陈名君、李春如等2007年4月7日采集于安徽省芜湖市马仁奇峰自然保护区。

无性型:一种绿僵菌 *Metarhizium* sp.=?<sup>[7-8]</sup>

**2.4 九州虫草 *Cordyceps kyusyuensis* A. Kawam., Icon. Jap. Fungi 8: 841. 1955.**

寄主:豆天蛾幼虫

研究标本:GNJ000903-09,陈远友2000年9月3日采集于安徽省牯牛降自然保护区。

无性型:一种蚺霉 *Lecanicillium* sp.=? *Sporotrichum formosanum* Kobayasi<sup>[1,9-10]</sup>

从形态特征上看,九州虫草与蛹虫草 *C. militaris* 非常接近,前者甚至常均被鉴定成蛹虫草,两者的无性型也是如此,构建的系统发育树结论支持形态学研究结果,两者确实是同一个属下的2个近似种。蛹虫草的无性型研究较多,但是Sung等人认可了应归属于 *Lecanicillium*,但是未给种名。为了生产上识别和应用的方便,李春如于2006年将其从拟青霉属重新组合到 *Lecanicillium* 属,并命名为蛹草蚺霉 *Lecanicillium militaris*<sup>[10]</sup>。故九州虫草的无性型也应为蚺霉属真菌。

**2.5 莲状虫草 *Cordyceps nelumboides* Kobayasi & Shimizu, Kew Bull. 31(3): 557, 1976.**

寄主:蜘蛛

研究标本:wfs090916-32, wfs090916-36,孙召红2009年9月16日采集于安徽省六安市万佛山自然保护区。

无性型:一种刺束梗孢 *Akanthomyces* sp.<sup>[11]</sup>

**2.6 粉被虫草 *Cordyceps pruinosa* Petch, Trans. Brit. Mycol. Soc. 10: 38. 1924.**

寄主:鳞翅目刺蛾

研究标本:ST9610-03 陈运友,1996年10月采于石台县;鲁绪祥,采自宣州。

无性型:粉被玛利亚霉 *Mariannaea pruinosa* Liang

**2.7 高雄山虫草 *Cordyceps takaomontana* Yakush. & Kumaz., Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Sect. B, 5: 108. 1941.**

寄主:鳞翅目茧

研究标本:TTZ060731-62,李春如于2006年7月31日安徽省天堂寨自然保护区。

无性型:细脚拟青霉 *Paecilomyces tenuipes* (Peck.) Samson=细脚棒束孢 *Isaria tenuipes*<sup>[12]</sup>

**2.8 牯牛降异虫草 *Metacordyceps guniujiangensis* C.R. Li, B. Huang, M.Z. Fan & Z.Z. Li, sp. nov. Mycotaxon, 111: 221-231, 2010.**

寄主:蝉若虫

标本:GNJ020527-04;李春如2002年5月27日采集于安徽石台牯牛降自然保护区。

无性型:柱孢绿僵菌近似种 *Metarhizium* aff.

*cylindrosporium*<sup>[13]</sup>

**2.9 戴氏异虫草** *Metacordyceps taii* (Z.Q. Liang & A.Y. Liu) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones, Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps taii* Z.Q. Liang & A.Y. Liu, Acta Mycol. Sin. 10:257. 1991.

寄主: 一种鳞翅目幼虫, 虫体大小 33×4.5 mm。

研究标本: HS9606-03. 李春如、严西芳, 1996 年 6 月 30 采于霍山县落儿岭。

无性型: 金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*

戴氏异虫草的无性型为戴氏绿僵菌 *Metarhizium taii*<sup>[14]</sup>, Huang et al.最近通过 ITS 序列测定后认为其与 *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* 应为同物异名<sup>[15]</sup>。

**2.10 蜈蚣线虫草 (朝鲜虫草)** *Ophiocordyceps grylotalpae* Petch, Trans. Brit. Mycol. Soc. 25: 255. 1941.  $\equiv$  *Cordyceps grylotalpae* Kobayasi, Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku 5: 70. 1942 [non Lloyd 1924].  $\equiv$  *Cordyceps koreana* Kobayasi, Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B, 7: 8. 1981.

寄主: 蜈蚣

研究标本: WFS070720-11, 左登平 2007 年 7 月 2 日采集于安徽省舒城县万佛山自然保护区。

无性型: 一种被毛孢 *Hirsutella* sp.

**2.11 根足线虫草琅琊山变种** *Ophiocordyceps heteropoda* Kobayasi var. *langyashanensis* C. R. Li, M. J. Chen, M. Z. Fan & Z. Z. Li. Mycosystema 25 (2): 163-168, 2006.

寄主: 蝉若虫

研究标本: LYS050518-01~03, 陈名君 2005 年 5 月 18 日采集于安徽省滁州市琅琊山林场。

无性型: 根足被毛孢 *Hirsutella heteropoda*<sup>[16]</sup>

**2.12 鳃金龟线虫草** *Ophiocordyceps melolonthae* (Tul. & C. Tul.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Torrubia melolonthae* Tul. & C. Tul., Sel. Fung. Carpol. 3: 12. 1865.  $\equiv$  *Cordyceps melolonthae* (Tul. & C. Tul.) Sacc., Michelia 1: 320. 1879.

寄主: 鞘翅目幼虫

研究标本: FLP090820-01, 张琪 2009 年 8 月 20 日采集于安徽省黄山飞龙瀑景区。

无性型: 未知

鳃金龟线虫草与革翅目虫草 *Cordyceps dermatigerena* Z.Q. Liang & A.Y. Liu 的描述较为接近, 在可孕部形状、子囊壳着生方式、子囊壳形状上大致相同, 但在寄主、可孕部颜色上两者有明显差异。革翅目虫草的寄主是革翅目幼虫, 而鳃金龟虫草的

寄主为鞘翅目幼虫; 革翅目虫草可孕部分是淡褐色, 而鳃金龟虫草为淡黄色, 且子囊壳大小、子囊帽宽度和次生子囊孢子的大小两者均有明显区别。本种为中国大陆首次报道。

**2.13 蚁线虫草** *Ophiocordyceps myrmecophila* (Ces.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps myrmecophila* Ces., Bot. Zeitung 4: 877. 1846  $\equiv$  *Torrubia myrmecophila* (Ces.) Tul. & C. Tul., Sel. Fung. Carpol. 3: 18. 1865.

寄主: 一种蚁, 体长 48 mm。

研究标本: GNJ090811-23, 2009 年 8 月 11 日董建飞采集于安徽石台牯牛降自然保护区。

无性型: 一种层束梗孢 *Hymenostilbe* sp.

**2.14 蜻蜓线虫草** *Ophiocordyceps odonatae* (Kobayasi) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps odonatae* Kobayasi, Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo, Ser. B, 7: 6. 1981.

寄主: 蜻蜓成虫

研究标本: GNJ020725-02, 王滨于 2002 年 7 月 25 日采集于安徽宣州麻姑山林场。

无性型: 蜻蜓层束梗孢 *Hymenostilbe odonatae* Kobayasi

Kobayasi 最初发表此新种时, 对子囊壳的大小尺寸的描述有误, 并未乘以目镜的倍数 ( $\times 10$ ), 即其大小应为 1 000~1 150×300~350  $\mu\text{m}$ , 这里以予纠正。蜻蜓虫草不难采到, 但成熟且能见到可孕部分的子囊壳的标本则不多见。李春如于 2009 年在广西曾采到过完全成熟的蜻蜓虫草标本, 故才发现原始描述中的错误。

**2.15 亚黄蜂线虫草** *Ophiocordyceps oxycephala* (Penz. & Sacc.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps oxycephala* Penz. & Sacc., Malpighia 11: 521.1897.  $\equiv$  *Cordyceps sphecocephala* f. *oxycephala* (Penz. & Sacc.) Kobayasi, Trans. Mycol. Soc. Japan 23: 361. 1982.

寄主: 蜂类的成虫

研究标本: GNJ090811-22, 张琪 2009 年 8 月 11 日采集于安徽石台牯牛降自然保护区。

无性型: 一种层束梗孢 *Hymenostilbe* sp.

**2.16 黄山被毛孢** *Hirsutella huangshanensis* C. R. Li, M. Z. Fan & Z. Z. Li sp. nov. Mycosystema. 24 (3): 349-355, 2005<sup>[17-18]</sup>.

有性型: 台湾虫草 *Cordyceps formosana* Kobayasi & Shimizu, Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo, Ser. 7: 113, 1981.

**2.17 荔波被毛孢** *Hirsutella liboensis* Zou X, Liu AY, Liang ZQ, Han YF, Yang MF. Mycotaxon. 111: 39-44,

2010.

有性型：丝虫草 *Ophiocordyceps filiformis* Moureau. G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps filiformis* Moureau<sup>[19]</sup>, Mem. Ins. Royal Col. Belge 7: 14-16, 1949.

**2.18 蛹草蚘霉 *Lecanicillium militaris* (Liang) C. R. Li, M. Z. Fan & Z. Z. Li comb. nov.<sup>[10]</sup>**

*Cephalosporium militare* Y. Kobayasi, Science Reports of Tokyo Bunrika Daigaku, 1941, 5: 113.

*Verticillium militare* (Kobay.) Gams, *Cephalosporium-artige* Schimmelpilze (Hyphomycetes). - Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1971 *Paecilomyces militaris* Liang, Acta Edulis Fungi, 2001, 8 (4): 28-32.

有性型：蛹虫草 *Cordyceps militaris* (L.: Fr.) Link, Handb. Erk. Nutzbr. Häufigsten Gewächse, Berlin, 1833, 3: 347.

**2.19 拟细羽束梗孢 *Paraisaria gracilioides* (Kobayasi) C. R. Li, M. Z. Fan & Z. Z. Li. Mycosystema. 23(1):165-166, 2004<sup>[20]</sup>.**

有性型：拟细线虫草 *Ophiocordyceps gracilioides* Kobayasi, G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora  $\equiv$  *Cordyceps gracilioides* Kobayasi, Sci. Rep. Tokyo Univ. 5: 140, 1941.

**2.20 奇异清水菌 *Shimizuomyces paradoxus* Kobayasi [as ‘paradoxa’], Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, B 7(1): 1.1981.**

寄主：植物种子

研究标本：LYS070722-2, 李春如 2007年7月22日采集于安徽省滁州市琅琊山林场。

无性型：未知

清水菌属 *Shimizuomyces* Kobayasi 是 1981 年建立的新属，该属真菌的形态特征与虫草极为相似，只是寄主为植物，目前共含 2 个种，*Shimizuomyces paradoxus* 为中国新记录属种<sup>[21]</sup>。

**参考文献：**

[1] Sung G H, Hywel-Jones N L, Sung J M, et al. Phylogenetic classification of *Cordyceps* and the clavicipitaceous fungi[J]. Studies in Mycol, 2007, 57: 5-59.

[2] Li C R, Fan M Z, Huang B, et al. The genus *Cordyceps* and its allies from Anhui I. [J]. Mycosystema, 2002, 21(2): 167-171.

[3] 梁宗琦. 古尼虫草分生孢子阶段的分离和鉴定[J]. 真

菌学报, 1985, 4(3): 162-166.

[4] Li Z Z, Li C R, Huang B, et al. Discovery and demonstration of the teleomorph of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., an important entomogenous fungus[J]. Chinese Sci Bull, 2001, 9: 751-753.

[5] Huang B, Li C R, Li Z G, et al. Identification the relationship between *Beauveria bassiana* and *Cordyceps bassiana*[J]. Mycotaxon, 2002, 81: 229-236.

[6] 李春如, 陈安徽, 王蒙, 等. 柱形虫草及其紫色野村菌无性型[J]. 菌物学报, 2005, 24(1): 14-18.

[7] 陈超. 几种稀有虫草的分子系统学研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2011: 35-37.

[8] Kepler R M, Sung G H, Ban S, et al. New teleomorph combinations in the entomopathogenic genus *Metacordyceps*[J]. Mycologia, 2012, 104(1): 182-197.

[9] Kobayasi Y. Revision of the genus *Cordyceps* and its allies [J]. Bull Natn Sci Mus, 1981, 7: 1-13.

[10] 李春如, 黄勃, 南圣姬, 等. 具抗癌活性的 RCEF0718 虫草菌株的鉴定研究[J]. 莱阳农学院学报, 2006, 23(4): 263-267.

[11] 陈超, 孙召红, 曹珊, 等. 莲状虫草及其刺束梗孢无性型[J]. 中国微生物学杂志, 2011, 23(10): 891-893.

[12] 李春如, 左登平, 南圣姬, 等. 高雄山虫草及其细脚拟青霉无性型[J]. 菌物学报, 2007, 26(2): 217-220.

[13] Li C R, Fan M Z, Huang B, et al. *Metacordyceps guniujiangensis* and its *Metarhizium* anamorph: a new pathogen on cicada nymphs[J]. Mycotaxon, 2010, 111: 221-231.

[14] 梁宗琦, 刘爱英, 刘杰麟. 虫草一新种及其绿僵菌无性型[J]. 真菌学报, 1991, 10(4): 257-262.

[15] Huang B, Li C R, Humber R A., et al. Molecular evidence for the taxonomic status of *Metarhizium taii* and its teleomorph, *Cordyceps taii* (Hypocreales, Clavicipitaceae) [J]. Mycotaxon, 2005, 94: 137-147.

[16] Li C R, Chen M J, Wang M, et al. *Hirsutella heteropoda* sp. nov. and its teleomorph, new variety of *Cordyceps heteropoda*[J]. Mycosystema, 2006, 25(2): 163-168.

[17] 李春如, 夏成润, 林英任, 等. 台湾虫草的被毛孢无性型新种及其对黄粉虫的侵染研究[J]. 菌物学报, 2005, 24(3): 349-355.

[18] 左登平, 李春如, 黄勃, 等. 台湾虫草及其无性型关系的分子确证[J]. 菌物学报, 2008, 27(2): 224-229.

[19] 彭凡, 曹珊, 张琪, 等. 丝虫草及其无性型关系的分子确证[J]. 中国微生物学杂志, 2011, 23(5): 410-416.

[20] Li C R, Ming L, Fan M Z, et al. *Paraisaria gracilioides* comb. nov., the anamorph of *Cordyceps gracilioides* [J]. Mycosystema, 2004, 23(1): 165-166.

[21] 李春如, 陈安徽, 左登平, 等. 虫草及其近缘属两个新记录[J]. 菌物学报, 2008, 27(3): 464-468.