

# 虫生真菌的多样性

梁宗琦

(贵州农学院虫生真菌资源研究所, 贵阳 550025)

**摘要** 虫生真菌分属菌物界各分类阶元,它们除在物种上种类繁多外,在形态结构、生活史、繁殖方式、致病机理和次生代谢产物方面亦极具多样化。了解虫生真菌的多样性对正确鉴定它们的分类地位,探明疾病发生的侵染单元,以及多方位、多层次地利用虫生真菌的功能和次生代谢产物具有重要的学术意义和实用价值。

**关键词** 虫生真菌,生物多样性,生活史,微循环产孢,虫草,次生代谢产物

**Biodiversity of entomogenous fungi/ Liang Zongqi // CHINESE BIODIVERSITY. —1996, 4(4) :235 ~ 241**

Entomogenous fungi are distributed among all of fungi. They show diversity in morphology structure, life cycle, reproduction mode, pathogenic mechanism and secondary metabolites. It is very important to understand the diversity of entomogenous fungi for correct identification of their taxonomic position, revealing of infectious unit to host insect, and utilization of the function and secondary metabolites of entomogenous fungi in all aspects and levels.

**Author's address** Institute of Entomogenous Fungi Resources, Guizhou Agricultural University, Guiyang 550025

**Key words** Entomogenous fungi, biodiversity, life cycle, microcycle conidiation, *Cordyceps*, secondary metabolites

生物多样性是指多样化的生物实体群的每一实体(层次)都是相互有差异或不相同的。生物多样性至少包含有生物学、生态学和生物地理学三个方面的含义。生物学意义上的多样性,多侧重于物种及其以下实体在代谢、生理、形态、行为及遗传等方面表现出的差异<sup>[1]</sup>。

研究生物多样性,对人类深刻认识生物的形态、结构及功能、行为和生活史等的生物学本质,以及它们和人类自身生存环境的密切关系,科学和有效地开发利用生物资源具有十分重要的意义。自然界现存生物的多样性,是生物适应多种胁迫环境因子的结果,是在进化过程中分支发展和阶段发展的产物。如不少植物病原真菌和昆虫病原真菌同时具有一个抗逆性强,以利越冬的有性繁殖体和一个能在夏季大量形成的、较小型的无性繁殖体。即使仅有无性型的一些真菌,其产孢类型虽无此季节变化,但它们也常可出现一种体积小而数量大的分生孢子,和一些数量少而体积大、并常具厚壁、多隔和色素的另一类分生孢子,以适应环境的变化。

生物多样性是生物界的普遍现象。虫生真菌除了种类和数量都较大,表现出物种的生物多样性外,它们为适应其食物的多样性,在形态特征、繁殖方式、生活史、杀虫机理和代谢类型等方面亦各具特色。

## 1 虫生真菌的形态结构、生活史和繁殖方式的多样性

虫生病原真菌(Entomopathogenic fungi)是指那些在寄主正常生理条件下能直接侵入体内,

增殖和快速引起死亡的类群。它们以吸收血淋巴中养分、分解寄主组织,和/或产生有毒代谢产物而杀死昆虫。广义的昆虫病原真菌还包括兼性病原和伤口病原。

虫生真菌一词,除包括上述广义的昆虫病原真菌外,还包括不少(约 1500 种)不引起昆虫致命的疾病,但可降低寄主活力并使其衰弱的专性寄生昆虫体表的虫寄生菌(Entomparasitic fungi),如虫囊菌(Laboulbeniales),以及与各种昆虫共生的共生菌(Symbiotes),如多毛菌(Trichomycetes)。实际上,虫生真菌所指的“虫”已扩大到螨类、蜘蛛和蜈蚣等。

### 1.1 营养体

虫生真菌正常的营养体是丝状的菌丝体,但不同的种在一定条件下会出现各种菌丝变态。它们在虫生真菌自身的生活中具有重要意义;并具有一定的利用和分类价值。

常见的变态菌丝或变形体如有:克氏多毛孢(*Hirsutella kirchneri*)的膨大菌丝;一些虫草菌(*Cordyceps* spp.)形成的内菌核及其中存在的胞芽;虫霉菌在寄主血腔中形成的虫菌体,及在体外形成假根;和各种线虫捕捉菌形成的捕捉瘤、捕捉环、捕捉网和吸器等。

如蛹虫草(*Cordyceps militaris*)等某些虫生真菌在一定条件下(温度、氧、二氧化碳及糖的浓度等),营养阶段的丝状菌体形态能转变成酵母状细胞形态,这叫双性现象<sup>[2]</sup>。

### 1.2 繁殖体

由于虫生真菌是分散在菌物界的各亚门中,故它们的有性和无性的产孢结构及孢子就具有各亚门的特征。如它们可形成游动孢子、孢子囊孢子、分生孢子、节孢子、芽孢子和厚垣孢子等。它们的产孢结构可以是分生孢子梗、孢梗束、分生孢子盘和分生孢子器。产孢方式有内生菌丝型、外生菌丝型、内生芽殖型和外生芽殖型。

其有性繁殖主要是形成卵孢子、接合孢子和子囊孢子。形成担子孢子的虫生真菌仅涉及寄生介壳虫的隔担子菌属(*Septobasidium*),和侵染某些线虫的各别伞菌。

### 1.3 多型现象

广义的多型现象,是指一种真菌同时具有有性型和无性型的两种繁殖方式,能产生一种以上类型孢子的现象。如人们熟知的锈病就可产生两种分生孢子,春孢子和夏孢子,及 3 种与有性繁殖相关的性孢子、冬孢子和担子孢子。狭义的多型现象,其含义是指含有两种或两种以上无性繁殖体的无性型多型性。通常可归纳为三个类型<sup>[3]</sup>:

1.3.1 含两种以上形态不同的分生孢子,但其个体发育的方式相同。如寄生多种水稻害虫的串珠镰刀菌(*Fusarium moniliforme*)和分离自一种螽斯及叶蝉上的双型孢绿僵菌(*Metarhizium biformisporae*)的大孢子和小孢子就是典型的例子<sup>[4]</sup>。蛹虫草的无性型,蛹草拟青霉(*Paecilomyces militaris*)的不同菌株,或同一菌株的角变分离株,乃至同一菌株的不同单孢子分离株,其分生孢子可具有拟青霉型的分生孢子链和顶头孢霉型的分生孢子头两种不同聚集方式。这已在蛹虫草无性型的确定上造成了分属头孢霉(*Cephalosporium*)、轮枝孢(*Verticillium*)和拟青霉多个菌种的同物异名现象。它们是属于多型现象中的一个类型<sup>[5,6]</sup>。

1.3.2 具两类以上不同发育方式的分生孢子。在此类型中,最常见的是它们除形成小的、单细胞的瓶梗孢子外,同时还形成较大而厚壁的、可分隔和具有色素的单生的分生孢子,如瘤孢属(*Sepedonium*)和瘤孢霉属(*Mygone*)等。又如,一种寄生鳞翅目幼虫的匹茨林被毛孢(*Hirsutella pichilinguensis*)除具有透明、光滑、薄壁,0-1 分隔,倒拟卵形或倒梨形的分生孢子外,同时尚形成具有暗褐色足细胞的、大而厚壁的和具离壁隔膜狭棒形多隔孢子<sup>[7]</sup>。

1.3.3 具多型产孢体。属这类多型现象的真菌,它们能在分散的菌丝上或在一种子实体上(或内)形成分生孢子。它们产孢结构的外观可明显不同,但分生孢子的外观和个体发育方式则不改

变。在虫生真菌中常见的粉质拟青霉(虫花)(*P. farinosus*), 细脚拟青霉(大孢虫花)(*P. tenuipes*), 及束梗被毛孢(*H. stilbelliformis*)等不少虫生真菌, 可同时形成孢梗束和在菌丝上直接形成产孢结构。在一定条件下, 形成孢梗束的能力可丧失, 而出现非孢梗束菌株。

#### 1.4 生活史

**1.4.1 有性繁殖和无性繁殖。**大多数虫生真菌与其它真菌一样, 它们的生活史也极具多样性。一些种双倍体时间较长, 另一些种则双核期较长, 而大多数种则是单倍体时间更长。与其它真菌一样, 虫生真菌的生活史也可分为有性繁殖和无性繁殖两个阶段, 每个阶段又都由营养期和繁殖期组成。不同种的虫生真菌其所具有的繁殖阶段不完全相同。除上述的两个繁殖阶段外, 属半知菌的一些虫生真菌, 如绿僵菌(*M. anisopliae*), 球孢白僵菌(*Beauveria bassiana*)和细脚拟青霉等的生活史中尚包含有准性循环。

**1.4.2 微循环产孢。**Anderson 等研究黑曲霉(*Aspergillus niger*)时, 在真菌中首次提出了微循环产孢这个术语<sup>[8]</sup>。其含义是: 丝状真菌在(有性或无性)孢子萌发后, 无营养菌丝生长或仅有极微弱菌丝生长, 而直接重复产孢的现象。近年, 微循环产孢的含义已更加扩大, 它包括有如迭代产孢、早熟产孢、幼体产孢、二次产孢和次生子囊孢子等 30 余个异名<sup>[9]</sup>。微循环产孢是真菌绕过正常生活史的一种无性产孢方式。

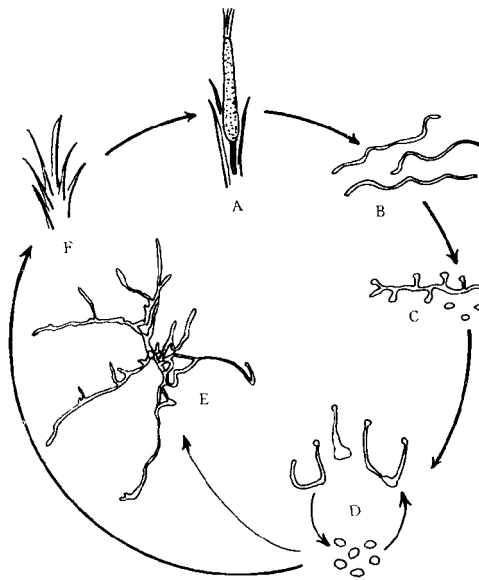


图 1 柱香菌的微循环产孢生活史

Fig. 1 Life cycle of microcycle conidiation of *Epichloe typhina* (Bacon & Hinton, 1991)

A. 染病的寄主植物; B. 子囊孢子; C. 子囊孢子直接产孢; D. 分生孢子微循环产孢; E. 培养基上生长的菌丝; F. 寄主植物  
A. Infected host; B. Ascospores; C. Micricycle conidiation of ascospores; D. Microcycle conidiation of conidia; E. Mycelia on a medium; F. Host

在实验室条件下, 通过各种措施, 如变温处理能诱发黑曲霉、某些青霉、粗糙脉孢菌(*Neurospora crassa*)微循环产孢。这对提前产孢时间、增加产孢量和孢子形成的同步控制, 以及确定虫草无性型等是一种有用的工具<sup>[10]</sup>。

在自然条件下, 不少真菌可自发进行微循环产孢。如在虫霉目(Entomophthorales)、外囊菌目(Taphrinales)、麦角菌目(Clavicipitales)、锈菌(Uredinales)、黑粉菌目(Ustilaginales)、银耳目(Tremellales)和外担子菌目(Exobasidiales)等菌类中, 是它们生活史的正常组成部分。在这些真菌中, 微循环产孢是适应不良环境的一种保护机制<sup>[9]</sup>。

Bacon 等<sup>[11]</sup>首次报道了柱香菌(*Epichloe typhina*)子囊孢子发射于寄主植物小花和叶片上会立即进行微循环产孢, 子囊孢子不直接参与侵染的过程。这种独特的微循环产孢与前述能在实验室诱发进行兼性微循环产孢真菌的主要区别是, 柱香菌子囊孢子的微循环产孢是一种自然发生的专性产孢过程, 而其它的无性产孢方式(图 1)。作为一种病原真菌, 微循环产孢不仅可增加感染机

遇, 快速扩大感染范围; 而且可延长感染时间, 是病原真菌缺乏寄主和对不良环境的一种保护反应<sup>[11, 12]</sup>。微循环产孢在克氏尾孢(*Cercospora kikuchii*)引起的大豆落叶病的流行过程中起着重要作用。集颈假壳(*Fenestellaprinceps*)子囊孢子直接形成分生孢子和克氏尾孢的微循环产孢, 被认

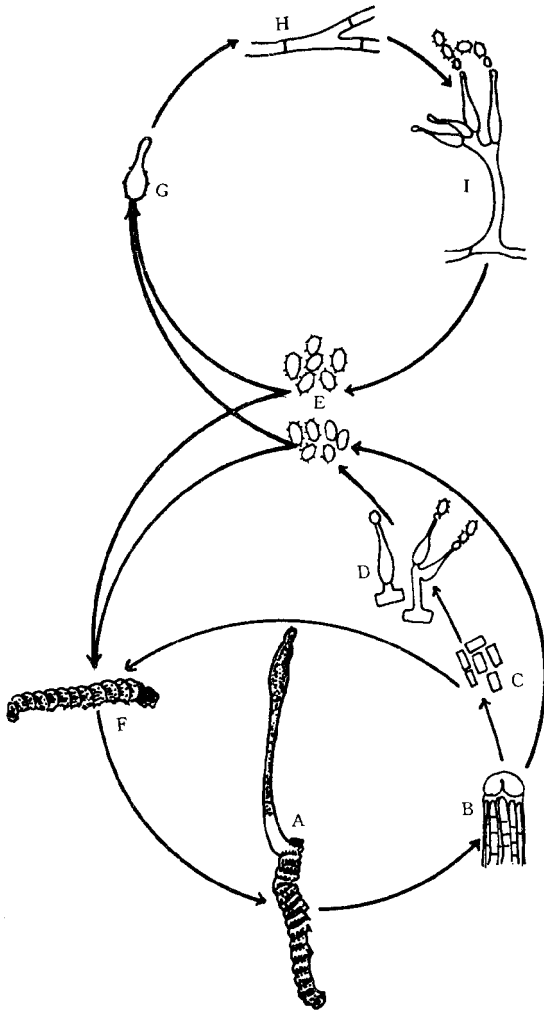


图2 古尼虫草的假定生活史

Fig. 2 A postulated life cycle of *Cordyceps gunnii*  
 A 寄主昆虫及虫草子实体; B 成熟的子囊; C 次生子囊孢子;  
 D 次生子囊孢子微循环产孢; E 分生孢子; F 寄主昆虫; G 萌发的分生孢子; H 菌丝体; I 分生孢子梗  
 A, Fruity body from insect; B, A mature ascus; C, Secondary ascospores; D, Microcycle conidiation of secondary ascospores; E, Conidia; F, Host insect; G, Germinated conidia; H, Mycelium; I, Conidiophore

## 2 代谢产物类型多样性

昆虫病原真菌由于其种类多,数量大,形态学特征各异,它们在代谢类型上也十分复杂,能产生多种生理功能特异的生物活性物质。这种代谢产物的多样性,为人类开发新的生物防治制剂、药品、及在其它领域的利用提供了重要的新资源途径。

### 2.1 杀虫素

昆虫病原真菌穿过寄主昆虫体壁进入血腔后,以争夺水分和养分,干扰代谢,物理机械损害及毒素(杀虫素)作用等多种方式而引起寄主昆虫死亡。昆虫病原真菌和一些其它的常见腐生真菌,能产生多种对昆虫具不同杀虫机理的杀虫素。常见的虫生真菌,白僵菌和绿僵菌等就能产生几种

为是这些真菌在生活史中的一种异时性机制<sup>[13]</sup>。

属于子囊菌亚门中的虫草菌属,具有性型和无性型两个相对独立的生活史,是能产生一种以上类型孢子的复型真菌。Samson 等<sup>[14]</sup>和作者对一些虫草,如埃特虫草(*C. atewensis*),古尼虫草(*C. gunnii*),戴氏虫草(*C. taii*),冬虫夏草(*C. sinensis*)和双梭孢虫草(*C. bifusispora*)等的观察也发现,它们的子囊孢子可在子囊内(或外)直接萌发并自然发生微循环产孢。据此,我们提出某些虫草菌的生活史中,微循环产孢是它们侵染寄主昆虫必有的生物学阶段。以古尼虫草为例,其假定生活史循环如图2。在自然界古尼虫草成熟子实体通过发射次生子囊孢子,后经微循环产孢形成的分生孢子,或由在子囊中微循环产孢形成的分生孢子两个途径感染寄主昆虫,而后再形成子实体、子囊和子囊孢子,完成有性循环。次生子囊孢子发生的微循环产孢及其形成的分生孢子,是古尼虫草和其它某些虫草菌完成有性世代和侵染寄主昆虫的一个不可缺失的锁链。次生子囊孢子直接萌发可能不直接侵染寄主昆虫。发射的次生子囊孢子或分生孢子也可萌发形成菌丝体、分生孢子梗、产孢细胞及分生孢子,完成无性循环。一般在人工培养基上,古尼虫草主要是这种生活形态。与大多数虫生真菌一样,新分离自虫体蛹虫草菌株形成的分生孢子对寄主昆虫具有较强感染性,而进入有性循环。经多次人工培养后形成的分生孢子毒丧失,不侵染寄主昆虫形成虫草子实体,其原因很值得深入研究。

有趣的杀虫素<sup>[15]</sup>。

一些曲霉是典型的兼性昆虫病原真菌,它们能形成多种对昆虫有害的特异次生代谢产物。如人们熟知的由黄曲霉(*Aspergillus flavus*)形成的黄曲霉毒素就是一种昆虫化学绝育剂。曲酸不仅能影响昆虫的变态,而且可提高烟碱的杀虫效果,是一种有价值的激活剂。杂色曲霉(*Asp. versicolor*)形成的杂烯亚胺不仅对果蝇成虫有击倒作用,而且对某些真菌有拮抗性<sup>[16]</sup>。

细交链孢(*Alternaria tenuis*)形成的细隔孢氮杂酸(Tenuazonic acid)是一种具有杀虫和杀草双重功能的生物活性物质,它的高纯度制品售价已达 \$33/5mg。这种真菌形成的另一次生代谢产物售价更高,达到 \$128/mg。

大型真菌中的毒蝇口蘑(*Tricholoma muscarium*)所形成的口蘑氨酸对蝇极毒,就是在自然状态下的干标本,蝇舔食 1~2 分钟后即可死亡。有趣的是其鲜度的有效性高达 0.001~0.003%,比知名的鲜味剂——肌苷酸钠和鸟苷酸钠的鲜度(0.01~0.001%)还高得多。

虫草菌是昆虫病原真菌中种类最多的类群。加上无性型其种群数量在整个菌物界中也蔚为壮观。蛹虫草是虫草属中寄主范围较广的一个种,它形成的虫草菌素以引起寄主细胞核变性,对蚊幼有毒杀效果。金龟子绿僵菌产生的细胞松弛素不仅在生物学研究中可制备无核细胞,它在降低寄主昆虫血淋巴中巨噬细胞活动能力及被囊化作用上也很有意义。

由于虫生真菌次生代谢产物在化学组成及结构上的多样性,故其治虫机理也各具特色。上述一些类型外,尚有使肌肉麻痹的野村菌素,产生拒食效应的单端孢霉素,及影响幼虫发育和卵孵化的镰刀菌毒素等。

## 2.2 其它具生物活性的代谢产物

作为一类虫生的资源真菌,其次生代谢产物除直接与昆虫的防除有关外,它们尚形成多种具有免疫调节、抗辐射、抗菌、抗病毒、抗血小板凝集、镇痛、镇静以及诱生干扰素等生理活性的多糖、核苷、类固醇、环状缩胺、吡啶类及其衍生物和酶类等物质<sup>[17]</sup>。能产生这类生物活性的虫生真菌中,虫草及其相关真菌,占有特殊的地位。表 1 是有名的冬虫夏草和蛹虫草形成的具有多种生理活性的类核物质<sup>[18]</sup>。

表 1 分离自冬虫夏草和蛹虫草及猫棒束孢(*Isaria felina*)菌丝体的类核物质的生理活性(Ikumoto et al., 1991)  
Table 1 Physiological activities of nucleic acid-related compounds obtained from *Tochukaso* and mycelia of *C. militaris* and *I. felina*

	<i>C. sinensis</i>	<i>C. militaris</i>	<i>I. felina</i>
对豚鼠右心房的负收缩效应	++	++	++
Negative inotropic effect on guinea-pig right atria			
Dipyridamole 的增效作用	0	0	0
Potentiation by dipyridamole			
茶叶碱的拮抗作用	0	0	0
Antagonism by theophylline			
对豚鼠回肠颤搐反应的抑制效应	++	++	++
Inhibition of twitch response of guinea-pig ileum			
对 ADP 诱发血小板凝集的抑制效应	++	++	++
Inhibition of ADP-induced platelet aggregation			

以测定抑制率表示活性: -, 0~10%; +/ -, 10~20%; +, 20~40%; ++, 40~70%; +++, 70~100%; 0, 可见

## 3 昆虫病原真菌的广阔应用前景

昆虫病原真菌不是一个系统分类学的概念,它们不局限于某一特定分类类群。所以,它们种类和代谢的多样性,就使得它们的应用范围具有了多方面和多层次性。

### 3.1 害虫的微生物防治

作为微生物杀虫剂。成功地用作杀虫剂使用的虫生真菌种类尚为数不多,常见的有:白僵菌防治玉米螟、马铃薯象甲和松毛虫等,布氏白僵菌(*B. brongniartii*)防治金龟子幼虫,金龟子绿僵菌防治蝉和白蚁等,汤普森被毛孢(*H. thompsonii*)防治柑桔锈螨,蜡蚧轮枝孢(*V. lecanii*)防治温室蚜虫及疥壳虫等,以及用座壳孢(*Schersonia* spp.)防治粉虱等。

引入定殖(即地方流行性病建立)。如将布氏白僵菌引入牧草地金龟子虫群定居,使地方流行病发病达数年之久。

流行性疾病的人工诱发。如将莱氏野村菌(*Nomuraea rileyi*)的孢子制剂施入田间,可诱发大豆夜蛾类害虫流行性疾病的提前发生。

昆虫病原真菌与害虫综合治理。通过密植免耕提高昆虫病原真菌孢子的密度,以增强对害虫的自然控制效果。如在大豆大面积播种前,于一定距离内提前播种一些大豆,让害虫提前发生,以提前为昆虫病原真菌流行病的发生准备一定数量的病原。

### 3.2 植物病害的微生物防治

昆虫病原真菌通过以下途径也可对植物病害起到独特的防治作用;

通过防治传毒昆虫以达到防治植物病害。如用白僵菌防治黑尾叶蝉进而达到控制水稻的青黄矮病;

通过控制媒介昆虫控制植物病害。如用白僵菌、绿僵菌、粉质拟青霉和蜡蚧轮枝孢,控制小蠹虫(*Scolytus scolytus*)以防治植物病原真菌,榆树长喙壳(*Ceratocystis ulmi*)通过昆虫取食幼榆树幼梢所造成的伤痕扩散进树的树干;

与植物病原真菌的拮抗竞争。用白僵菌、绿僵菌和莱氏野村菌直接防治榆树枯萎病。

### 3.3 在医药、化妆及保健食品等方面应用

与其他微生物相类似,虫生真菌在生物技术的多个领域也具有十分重要的作用。一些虫草,如冬虫夏草、蝉花(*C. sobolifera*)、蝉拟青霉(*P. cicadae*)、大团囊虫草(*C. ophioglossoides*)和僵蚕(*Beauveria bassiana*)等,可直接作为药物而使用。

近年的发展动向是,一些有生物活性的物质的开发利用更引起人们较大的兴趣。现已知,蛹虫草产生的3-嘌呤核苷(虫草菌素)及其衍生物5-三磷酸盐虫草菌素在抗病毒和抗肿瘤的研究中有很好的用途,其售价分别达到\$37/10mg和\$230/10mg。白僵菌形成的一种生物活性肽——白僵菌素,作为一种精细化工制品,其售价也可达到\$24/mg的水平。作者确定的虫草无性型,戴氏绿僵菌(*M. taii*)的近缘种,金龟子绿僵菌除形成杀虫素外,它尚产生一种吡啶类的衍生物——苦豆素。这种物质是一种好的免疫调节剂,售价高达\$110/mg。

此外,在我国分布较广的粉被虫草(*C. pruinosa*)能形成一种抗辐射、抗血小板凝结及钙离子拮抗的生理活性物质, $N^6$ -(2-羟乙基)腺苷。我们的研究工作已发现,这种物质对苏芸金杆菌(*Bacillus thuringiensis*)因辐射引起的伤害,有明显保护效应<sup>[20]</sup>,它的应用价值很值得深入研究。

## 参 考 文 献

- 1 马克平. 试论生物多样性的概念. 生物多样性, 1993, 1(1): 20~22
- 2 Carilli A, G Pacioni. Growth and sporulation of *Cordyceps militaris* (Linn. ex Fr.) link in submerged culture. *Trans. Br. Mycol. Soc.*, 1977, 68:(2): 237~248
- 3 Carmichal J W. Pleomorphism. *Biology of conidial fungi*, 1981, 1:135~143
- 4 刘爱英, 梁宗琦, 曹蕾. 双形孢绿僵菌的鉴定研究. 贵州农学院学报, 1989, (2): 27~31

- 5 梁宗琦. 蛹虫草的无性型及子实体的人工培养研究. 西南农业学报, 1990, 3(2): 1 ~ 8
- 6 Liang Z Q, T V Fox. Morphological polymorphisms in the anamorph of *Cordyceps militaris*. 贵州农学院丛刊——虫草及其无性型( ), 1994, 43 ~ 45
- 7 Evans H C, R A Samson. A new species of *Hirsutella* with an unusual synanamorph. *Can. J. Bot.* 1986, 64: 2098 ~ 3103
- 8 Anderson J G, J E Smith. The production of conidiophores and conidia by newly germinated conidia of *Aspergillus niger*. *J. Gen. Microbiol.* 1971, 69: 185 ~ 197
- 9 Hanlin R T. Microcycle conidiation——A review. *Mycoscience*, 1994, 36: 113 ~ 123
- 10 梁宗琦. 虫生真菌的微循环产胞及其意义. 杀虫微生物(第三卷), 武汉: 华中师范大学出版社, 1991, 12 ~ 17
- 11 Bacon C W, D M Hinton. Microcycle conidiation cycle in *Epichloe typhina*. *Mycologia*, 1991, 83(6): 743 ~ 751
- 12 Huhndorf S M, D A Glawe. Pycnidial development from ascospores of *Fenestella princeps*. *Mycologia*, 1990, 82: 541 ~ 548
- 13 Fernandez F A, D A Glawe, J B Sinclair. Microcycle conidiation and nuclear behavior during conidiogenesis in *Cercospora kikuchii*. *Mycologia*, 1991, 83: 752 ~ 757
- 14 Smson R A et al. Notes on entomogenous fungi from Ghana VI. The genus *Cordyceps*. *Pro. K Ned Akad Wet. Ser. C*, 1982, 85: 589 ~ 615
- 15 Khachatourians G C. Physiology and genetics of entomopathogenic fungi. In: Arora D K et al. (ed.), *Handbook of Applied Mycology*, Vol. 2: *Humans, Animals, and Insects*. Marcel Dekker, Inc. 1991, 615 ~ 663
- 16 梁宗琦. 昆虫病原真菌的综合利用研究. 中国虫生真菌研究与应用(第一卷), 北京: 学术期刊出版社, 1988, 26 ~ 35
- 17 焦彦朝, 梁宗琦, 刘爱英. 虫草生物活性物质研究概况. 贵州农业科学, 1990, (3): 53 ~ 58
- 18 Ikumoto T, S H Sasaki et al. Physiologically active compounds in the extracts from Tochukaso and cultured mycelia of *Cordyceps* and *Isaria*. *Yakugaku Zasshi*, 1991, 111: 504 ~ 509
- 19 Hino M, O Nakayama et al. Studies of an immunomodulator, swainsonine I, enhancement of immune response by swainsonine in vitro. *The Journal of Antibiotics*, 1985, 38: 926 ~ 935.
- 20 黄建中, 梁宗琦, 刘爱英. 粉被虫草(*C. pruinosa*)无性型对苏芸金杆菌(*Bacillus thuringiensis* subsp. *galleria*)抗紫外辐射的保护效应. 西南农业学报, 1992, 5(2): 63 ~ 67

## 更 正

由于作者疏忽,在 1996 年第 3 期刊登的《中国野生稻的现状调查》一文中,P. 164 倒数第 13 行的“海南乐东县千家居群”误写成“海南乐东县新联居群”。特此提出更正,谨向读者致歉。(高立志)