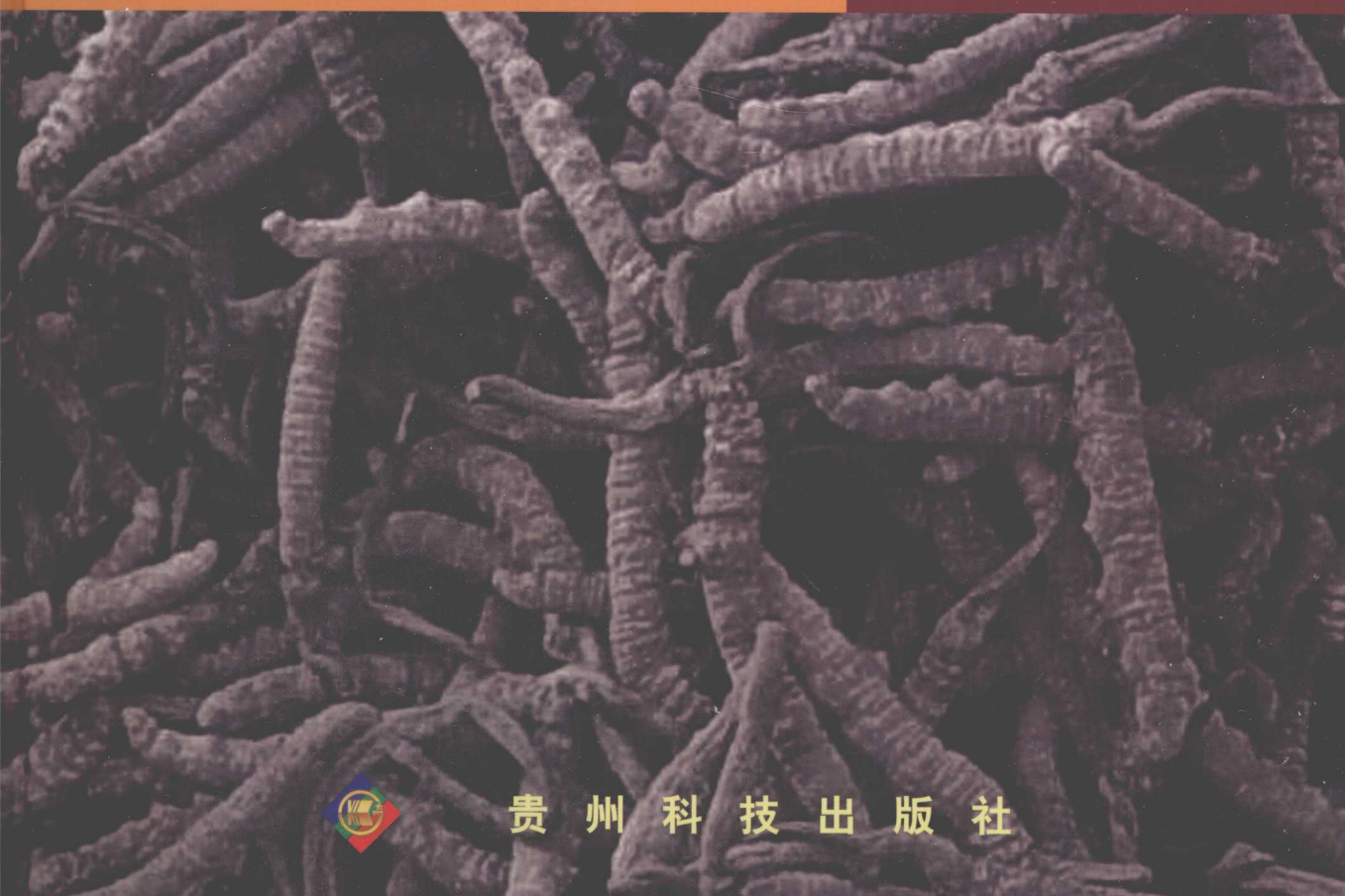




中国虫草图谱

Atlas of Cordyceps in China

梁宗琦 刘作易
韩燕峰 刘爱英 / 著



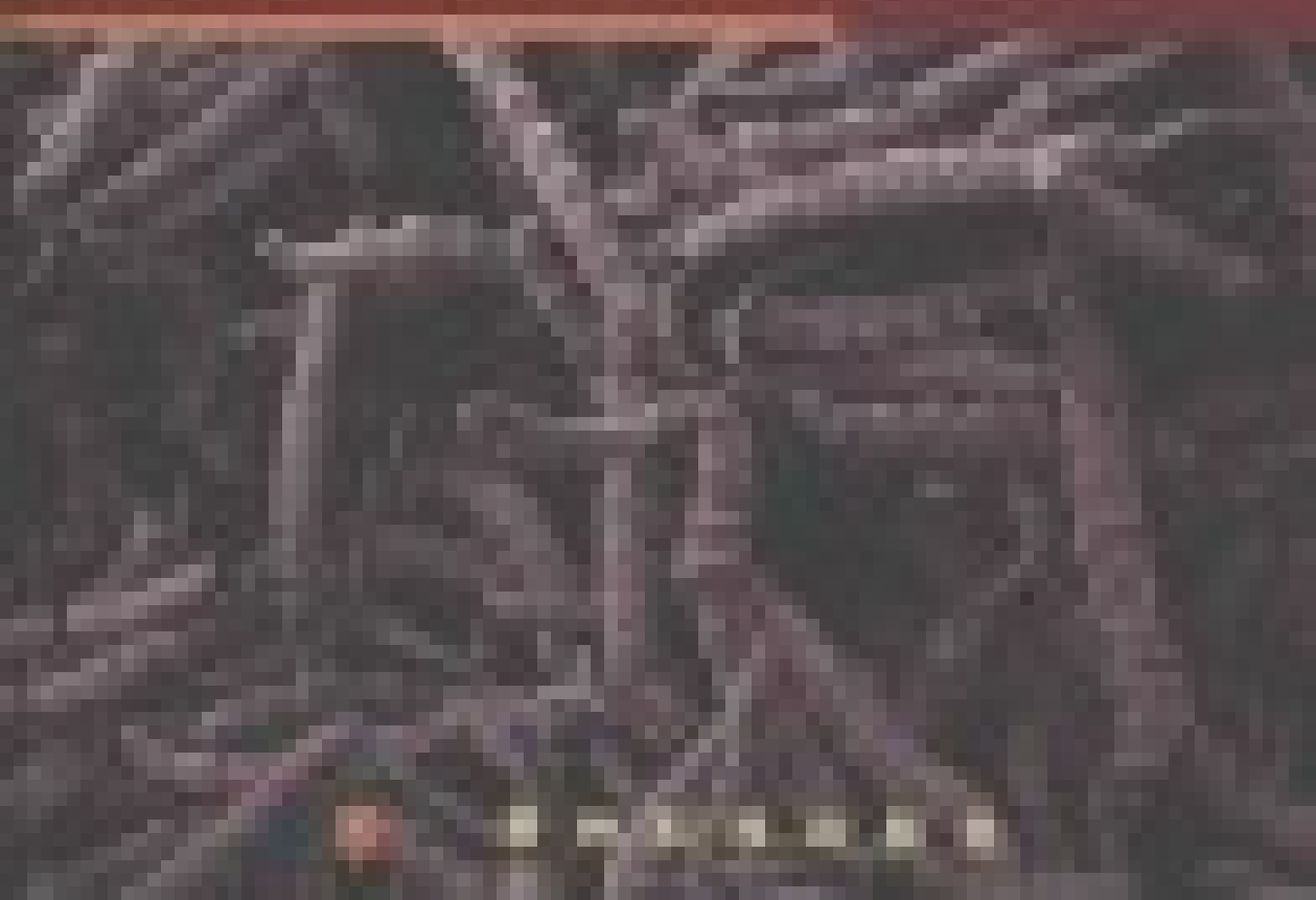
贵州科技出版社



中国虫草图谱

Atlas of Cordyceps in China

主编 王 健
副主编 王 健 王 健 王 健



国家自然科学基金重大项目

中国虫草图谱

Atlas of Cordyceps in China

梁宗琦 刘作易
韩燕峰 刘爱英 / 著

贵州科技出版社

· 贵阳 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

中国虫草图谱 / 梁宗琦等著. — 贵阳: 贵州科技出版社,
2009. 4

ISBN 978-7-80662-764-8

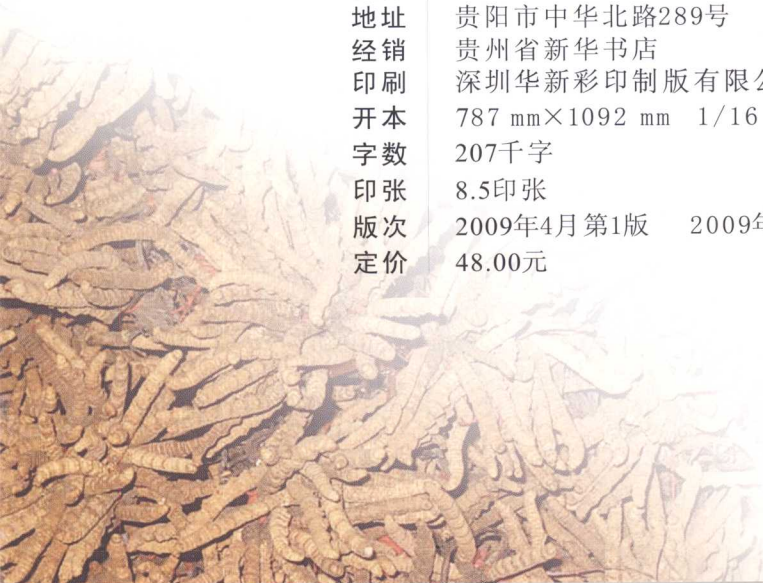
I. 中… II. 梁… III. 虫草属—中国—图谱
IV. Q949.325-64

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第066154号

中国虫草图谱

梁宗琦 刘作易 韩燕峰 刘爱英 / 著

出版	贵州科技出版社
发行	
地址	贵阳市中华北路289号 邮政编码: 550004
经销	贵州省新华书店
印刷	深圳华新彩印制版有限公司
开本	787 mm×1092 mm 1/16
字数	207千字
印张	8.5印张
版次	2009年4月第1版 2009年4月第1次印刷
定价	48.00元



目录

概 述

1	虫草的形态特征	1
1.1	内菌核	2
1.2	菌丝体	2
1.3	子座	3
1.4	子囊壳	4
1.5	可孕部	5
1.6	子囊	5
1.7	子囊孢子	5
2	虫草的无性型及其确证	7
2.1	与虫草有性型子实体的相关性确定	7
2.2	分离培养确定	8
2.3	子囊孢子的微循环产孢	8
2.4	在特定条件下人工诱发虫草有性子实体	9
2.5	DNA测序分析	9

各 论

1	针孢虫草	12
2	暗绿虫草	14
3	核虫草	14
4	金针虫虫草	16
5	巴恩虫草	18



6	双梭孢虫草	20
7	巴西虫草	22
8	拟布里班克虫草	24
9	布氏虫草	26
10	赤水虫草	28
11	拟茂兰虫草	30
12	阔孢虫草	30
13	毛虫草（发丝虫草）	32
14	柱座虫草	34
15	大邑虫草	34
16	柔柄虫草	36
17	革翅目虫草	38
18	丝虫草	38
19	伸长虫草	40
20	峨眉山虫草	42
21	蚁虫草	44
22	蜣螂虫草	46
23	叉尾虫草	46
24	细虫草	48
25	贵州虫草	50
26	稻子山虫草	50
27	古尼虫草	52
28	虫虫草	54
29	亨利虫草	54
30	日本虫草	56

31	井冈山虫草	56
32	江西虫草（草木王）	58
33	九州虫草	60
34	凉山虫草	62
35	龙洞虫草	62
36	娄山虫草	64
37	茂兰虫草	66
38	螳螂虫草	68
39	蜻蜓虫草	68
40	蛹虫草	70
41	鼠尾虫草	72
42	泽地虫草	72
43	蚁生虫草	74
44	下垂虫草	76
45	大团囊虫草	78
46	尖头虫草（亚黄蜂草）	80
47	塔顶虫草（柱座虫草）	82
48	蛾蛹虫草	82
49	多壳虫草	84
50	拟暗绿虫草	84
51	粉被虫草（茧草）	86
52	分枝虫草（大团囊梗）	88
53	罗伯茨虫草	90
54	喙壳虫草	90
55	金龟子虫草	92



56	四川虫草	-----	94
57	冬虫夏草	-----	96
58	小蝉草	-----	98
59	球头虫草	-----	100
60	柄壳虫草	-----	102
61	杪楞虫草	-----	102
62	表生虫草	-----	104
63	戴氏虫草	-----	106
64	高雄山虫草（淡黄鳞蛹虫草）	-----	108
65	沫蝉虫草	-----	110
66	变形虫草	-----	112
67	武夷山虫草	-----	114
68	张家界虫草	-----	116
69	浙江虫草（大蝉草）	-----	118
	参考文献	-----	120



概述

- 1 虫草的形态特征
- 2 虫草的无性型及其确证

1 虫草的形态特征

虫草是由寄主昆虫及寄生它的虫草菌共同组成的复合体。以古尼虫草[*Cordyceps gunnii*

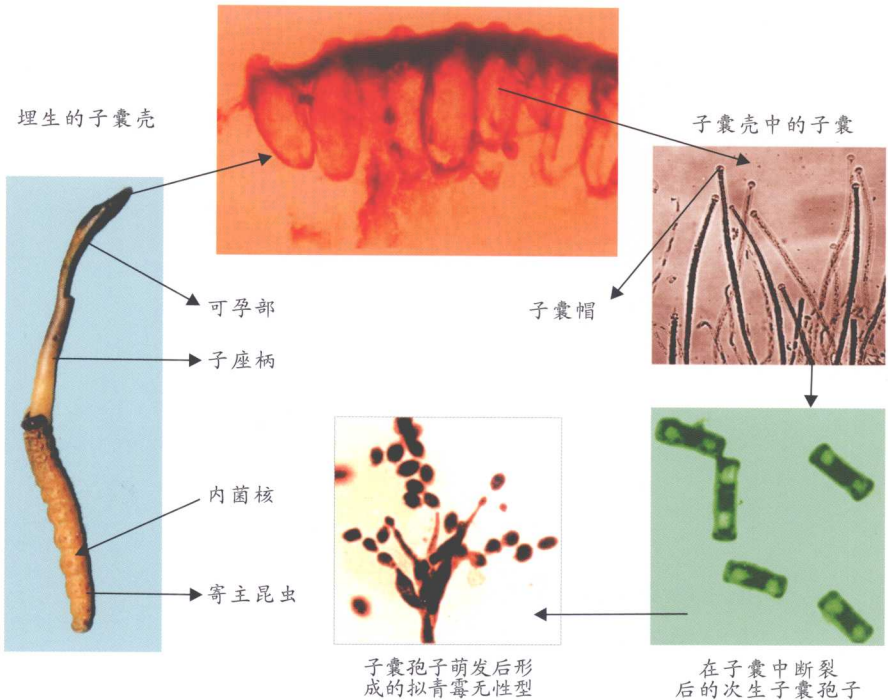


图1-1 虫草的基本结构

(Berk.) Berker]为例，虫草的形态包括寄主昆虫及其体内的内菌核、虫草的子座（包括子座的柄，可孕部及其尖端）、子囊壳、子囊（包括子囊上部）、子囊孢子等（图1-1）。认真了解这些特征，是识别乃至鉴定分类虫草十分重要的基础。

1.1 内菌核

虫草的菌丝侵入昆虫寄主体后，大多形成肉质、白色、淡红黄色或褐色的致密菌核，个别的种如绿核虫草（*Cordyceps aeruginosclerota* Z. Q. Liang & A.Y. Liu）的菌核菌丝可呈绿色。组成菌核的菌丝致密、不规则、分隔，可含有油滴，并常常产生间生、顶生或侧生薄壁或厚壁的孢囊。孢囊的形状有球形、拟椭圆形、梭形、棒形或柱状，可分隔，串生。

1.2 菌丝体

在寄主昆虫体表常被以各种菌丝体结构或菌套。一些种在寄主体表无菌丝体包被，但它们可从寄主昆虫的节间形成菌丝索将寄主昆虫附着于树皮、植物叶片等基物上。

在虫体上形成的根状、菌丝束状和膜状的菌丝体结构，有时能形成无性产孢结构和孢梗束，这为虫草无性型的分离和确证提供了重要依据。



1.3 子座

菌核萌发形成子座。一种虫草，其子座数量一般保持一定，但遇某些物理或生物损伤时，可增加子座产生数量或在同一子座柄上形成多个可孕的头部。例如，笔者曾人工切除幼嫩古尼虫草 [*Cordyceps gunnii* (Berk.) Berker] 子座的上部，结果从单生的子座变成了多个簇生的子座（图1-2）。



图1-2 正常子座（左、右）及人工切除子座后簇生多个子座（中）的古尼虫草

在同一种中，子座的大小随寄主体的大小和环境而异。例如，来自澳大利亚森林中的古尼虫草子实体就比从贵州茶园中采集的大得多。寄生地下生活昆虫的虫草，其子座通常从寄主昆虫接近地表的部分长出。子座的长度与寄主在地表下的深度有关。

大部分虫草的子座特定性地从寄主昆虫的头部、胸部、背部的柔软部分，或从口、气孔、节间及附肢的基部长出。一些种的子座总是从虫体的特殊部位长出，如古尼虫草的子座就是从幼虫头壳的中缝长出（图1-3，I），布氏虫草（*Cordyceps brongniartii* Shimizu）的子实体则是由寄主体表菌丝层形成的菌丝束上形成（图1-3，II）。

对那些可孕部呈头状或圆柱状等膨大的种（如黑锤虫草），以及与柄有不同颜色的种（如下垂虫草），子座可明显地由两部分组成；子实体呈丝状、柱状或棒状的种，其柄和可孕部的宽度相差不大，故两部分的差别也不明显。

子座的质地，通常可分为肉质、纤维质、木质和革质等，它们的差别具有明显的分类意义。

在同一种内，子座的颜色是相对稳定的，但随着发育的不断成熟，一般颜色会逐渐加深。子座常见的颜色有淡黄色、橙色、橙红色、淡红色、红色、橄榄色、灰色，以及各种色调的褐色、白色或黑色。少数种的可孕部和柄具有明显不同的两种颜色，如下垂虫草是可孕部和柄的上部为红色，下部则是黑色。一些种的标本，新鲜时与干燥后的颜色一致，但是，一旦浸入保存液，多数种就会变黑。



图1-3 虫草子座在寄主昆虫上的不同产生方式
I. 古尼虫草 II. 布氏虫草

1.4 子囊壳

根据子囊壳在成熟子座可孕部的着生状况，可将其分为埋生型（图1-4，I ~ III）和表生型（图1-4，IV ~ VI）两大类。

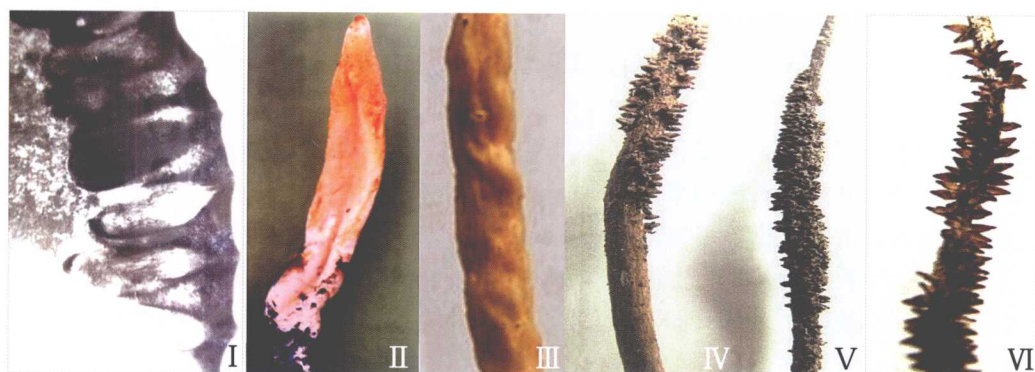


图1-4 虫草子囊壳的着生类型
I ~ II. 垂直埋生 III. 倾斜埋生 IV ~ VI. 表生

在子囊壳表生的类群中，有以下两种假埋生情况：有的种子囊壳之间排列十分紧密，且上部又膨大，外观很像埋生型，如冬虫夏草；一些种在子座发育早期子囊壳皆埋生于疏松的网状菌丝中，当子座成熟时菌丝组织消解，子囊壳外露。

在子囊壳埋生的类群中，有垂直埋生和倾斜埋生两类。垂直埋生的类群中，绝大多数是与可孕部的中轴相垂直的，单轮层、辐射状地埋生于皮层之下（图1-4，I ~ II）。然而，在垂直埋生类群中，如果子囊壳有近二分之一部分突出于皮层之上则称为半埋生。倾斜埋生类群中，子囊壳皆以小于 90 的倾角埋生于可孕部皮层下，且子囊壳的喙部常伸长弯向皮层（图1-4，III）。



1.5 可孕部

除少数种，如根状虫草（*Cordyceps rhizoidea* Hohnel）和瘤座虫草[*Cordyceps tuberculata* (Lebert) Maire]，由于其子囊壳是分散产生，除子座可孕部与柄的界限不明显以外，大多数种可具有柱状、棒状、拟椭圆形、卵圆形和近球形等各式各样的可孕部。根据可孕部在子座上的位置和结构，可分为以下三种基本类型：

- （1）顶生型。顶生型的虫草常有不同形状的可孕顶端（图1-5，I～II）。
- （2）间生型。当一个种的可孕部很长且外观和茎基本一样时，上部留下不孕的部分就属

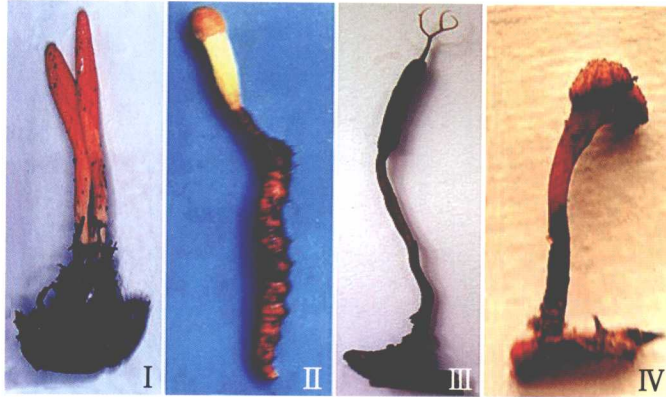


图1-5 虫草可孕部的顶生（I～II）、间生（III）和侧生（IV）三种类型

于间生型（图1-5，III）。

（3）侧生型。侧生型虫草的可孕部常呈枕状，称子囊壳垫，如变形虫草（*Cordyceps variabilis* Petch）（图1-5，IV）。它们可环绕子座的侧面或近顶端，可出现2～3个子囊壳垫，也可近乎于间生类型将子座茎部整个包围。

1.6 子囊

在虫草属较原始的种中，子囊一般短，梭状，而其余的种则多是柱形。除少数种，如蟑螂虫草（*Cordyceps blattae* Petch），子囊顶部无明显加厚外，其余的种都有不同程度的帽状加厚，其中心含有一条发射孢子的细孔道。加厚的程度不同，子囊帽形状可以是扁球形、半球形和不同长度的柱形等三类（图1-6）。

1.7 子囊孢子

通常，子囊中含有8条子囊孢子，平行或轻微扭曲，如杓楔虫草（*Cordyceps suoluensis* Liang & Liu）和山西虫草（*Cordyceps shanxiensis* B. Liu, F. X. Rong & H. Jin）等。冬虫夏草和杓楔虫草等少数种，在子囊孢子发育过程中有一些败育，成熟时通常只有2～4条子囊孢子。以冬虫夏草为例，子囊孢子的发育可大致分为三个阶段，即：原子囊孢子期、原子囊孢子伸长期和子囊孢子形成期（梁宗琦等，1995）。

根据子囊孢子的形状和成熟后是否断裂成次生子囊孢子，可分为如下几种类型：

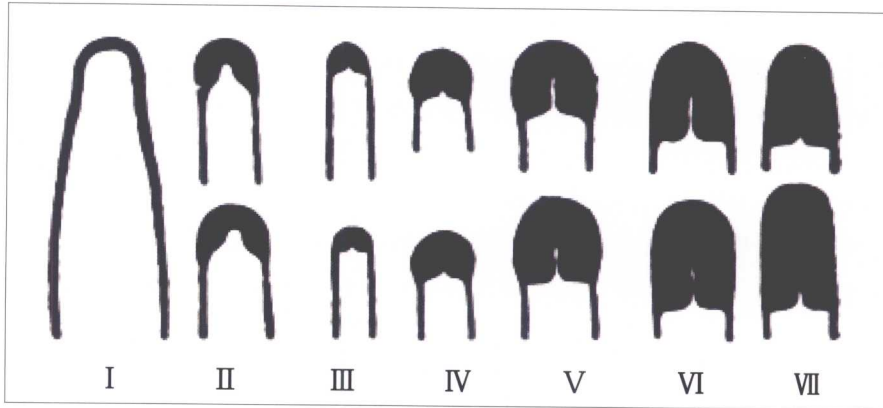


图1-6 虫草子囊帽的加厚类型

I. 不加厚 II ~ V. 扁球形至半球形加厚 VI ~ VII. 柱状加厚
(引自青木清, 1957)

(1) 多隔孢子类型。子囊孢子长梭形，成熟时形成数个隔膜，但不断裂成次生子囊孢子。

(2) 柱孢子类型。子囊孢子通常柱形，与子囊一般等长，多隔。成熟时断列成的次生子囊孢子大多呈柱状（两端可钝圆），少数呈小的正方形，后变成球形。

(3) 梭孢子类型。子囊孢子多隔，长柱形，成熟后断裂成梭形的次生子囊孢子（图1-7）。

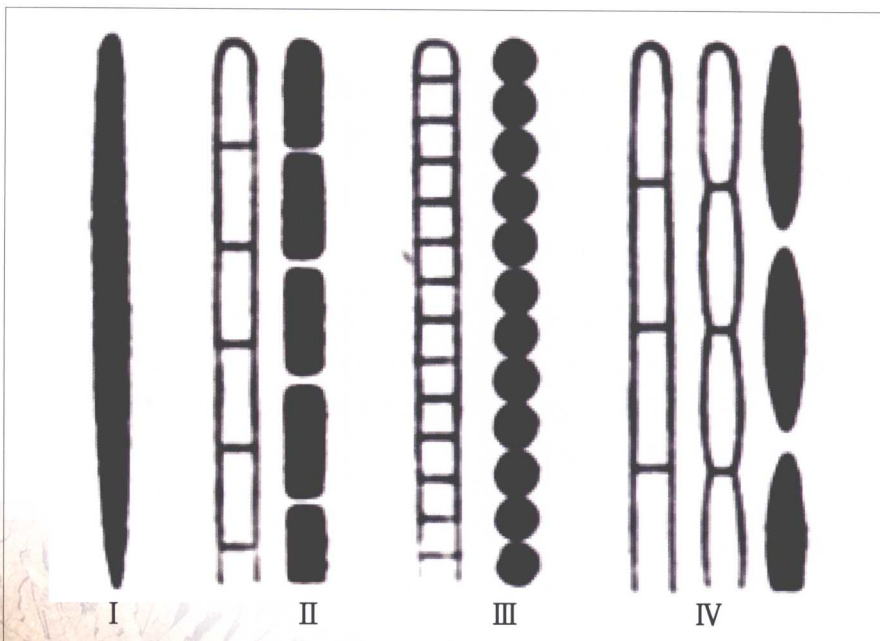


图1-7 虫草子囊孢子及其最终发育结果的几种类型

I. 多隔而不断裂的子囊孢子 II. 断裂后形成柱状的次生子囊孢子
III. 断裂后形成球形的次生子囊孢子 IV. 断裂后形成梭状的次生子囊孢子

(引自青木清, 1957)



2 虫草的无性型及其确证

虫草是一类复型真菌，在它的生活史中有以无性孢子(分生孢子) 形成为基本特征的无性生长繁殖阶段，以及以子座形成并产生有性孢子 (子囊孢子) 为特征的有性繁殖阶段。前者称为无性型，后者则称为有性型。无论在科学研究还是在生产实践中，探明一种虫草和它无性型的真正联系并获得纯培养的无性型菌种，不仅可以丰富学科自身的内容，还是保存、研究和培养利用虫草菌的前提。故虫草无性型的分离确证，在虫草类复型真菌的研究和利用中具有独特的地位 (梁宗琦, 1991c)。

2.1 与虫草有性型子实体的相关性确定

与虫草有性型子实体相关性的确定方法，主要与早期工作是以标本采集和描述的形态学研究相关联。1941年Kobayasi在总结前人工作的基础上提出了五条判定虫草无性型的依据，即：

- (1) 由虫草子座的一部分或分枝形成的无性产孢结构 (图1-8, I) 。
- (2) 与虫草子实体同时出现在同一寄主昆虫体上的无性产孢结构 (图1-8, II) 。
- (3) 在形成虫草子实体的菌丝体上同时形成的无性产孢结构 (图1-8, III) 。
- (4) 在同一采集地，于产生虫草子实体的同种昆虫，不同虫体上观察到的无性产孢结构。
- (5) 用虫草子囊孢子接种到人工培养基上形成的无性产孢结构。



图1-8 着生于虫草子座一部分或同一寄主或菌丝体上的无性产孢结构

上述五条依据虽然难以排除误定无性型，但在实际工作中它们仍有重要参考价值。

相关性确定无性型，除用标本直接观察外，还可将新鲜标本保湿、保温培养，待无性产孢结构出现后，再行观察及分离培养研究 (梁宗琦, 1991a)。Petch确定*Stilbella ramosa* Peck是镰状虫草 (*Cordyceps falcate* Berk.) 的无性型就是采用的这种方法 (Petch, 1924)。

2.2 分离培养确定

要使虫草资源得以人工开发利用，仅用虫草标本间接地判定虫草无性型，而无真正无性菌种的获得，已远不能适应这种要求。以各种分离培养途径确定虫草无性型的方法就得到了较快的发展。

常用的分离培养法是以分离内菌核、子座组织块，以及分离或收集发射的子囊孢子进行培养确定。通过同时采用子囊孢子、内菌核和子座的多途径分离法（图1-9）（梁宗琦，1983b，1985，1991a；陈庆涛等，1984a）获得的无性型菌株可相互验证，提高了结果的准确性。此外，

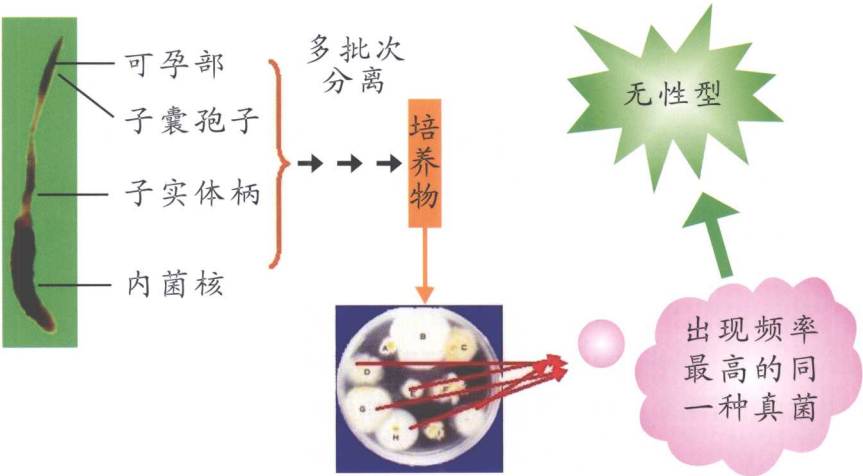


图1-9 虫草多途径、多批次分离确定工作示意图

避免了因采用单一分离途径可能失败的危险。作者用此法获得的古尼虫草 [*Cordyceps gunnii* (Berk.) Berker] 和粉被虫草 (*Cordyceps pruinosa* Petch) 的无性型菌株, 后经子实体人工培养和分子生物学技术验证, 其正确性皆获得了证实 (刘杰麟等, 1990; 梁宗琦, 1991b; 刘作易, 1999)。

多途径、多批次的统计分析法。采用在虫草产地和实验室同时多批次地进行组织块和子囊孢子分离培养, 接种体数高达1 000个以上, 而后将培养结果做统计分析, 把90%的接种体皆出现的同一种真菌中国被毛孢 (*Hirsutella sinensis* X. J. Liu, Y. L. Guo, Y. X. Yu & W. Zeng) 确定为冬虫夏草的无性型 (刘锡进等, 1989)。

2.3 子囊孢子的微循环产孢

真菌的微循环产孢的发生受温度和营养等诸多因素的影响 (梁宗琦, 1991b)。经观察, 一些虫草子囊孢子在一定条件下都能萌发进行微循环产孢, 形成具有鉴别特征的无性产孢结构 (图1-10)。通过这种方法, 已观察到戴氏虫草 (*Cordyceps taii* Z. Q. Liang & A. Y. Liu) 的无性型是戴氏绿僵菌 (*Metarhizium taii* Z. Q. Liang & A. Y. Liu), 冬虫夏草的无性型是中华被毛孢, 古尼虫草无性型是古尼拟青霉, 布氏虫草的无性型是布氏白僵菌, 以及双梭孢虫草 (*Cordyceps bifusispora* Eri-ksson) 的无性型是双梭隔梭孢 (*Septofusidium bifusisporum* Z. Y. Liu, Z. Q.

Liang & A. Y. Liu) 等。不同种虫草的子囊孢子发生微循环产孢的条件不完全相同。那些子囊孢子在一般培养基上萌发困难的种，面临的首要问题是探明其萌发的基本条件。

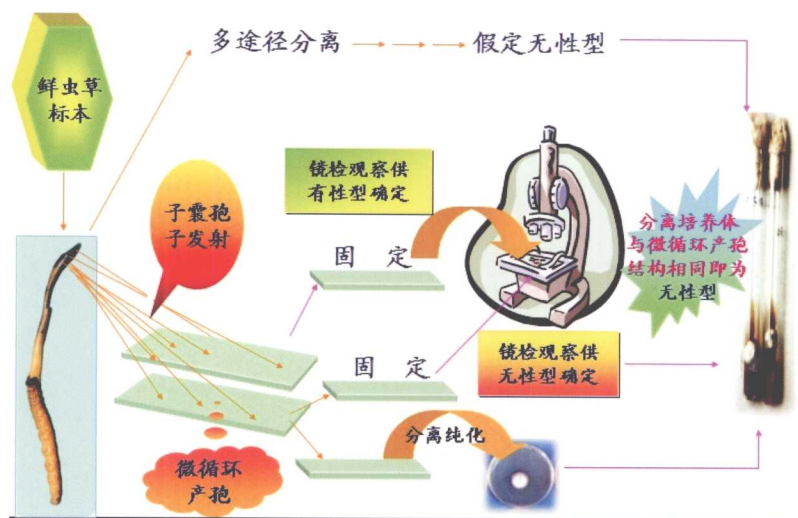


图1-10 虫草无性型的子囊孢子微循环产孢确证的途径示意图

2.4 在特定条件下人工诱发虫草有性子实体

虫草无性型确定的最权威方法是，在一定条件下将用其他方法分离获得的假定无性型人工感染昆虫（或培养基培养），诱发形成具有成熟子囊壳的虫草子实体。而后，经切片观察，与野外采集标本有性产孢结构相同，便可确证分离培养物为真正的虫草无性型（图1-11）。



图1-11 虫草子实体人工培育确证无性型示意图

2.5 DNA测序分析

DNA多态性测定，是指在DNA分子水平上测定生物之间的差异。在虫草无性型的确证中，使用最多的方法是rDNA ITS (internal transcribed spacer) 碱基序列分析。