



国家自然科学基金项目

虫草_的 人工培养

CHONGCAO DE RENGONG PEIYANG

梁宗琦 韩燕峰 梁建东 邹 晓 ©编著



贵州出版集团
GUIZHOU PUBLISHING GROUP
贵州科技出版社

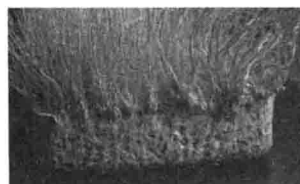


◎国家自然科学基金项目

虫草的人工培养

CHONGCAO DE RENGONG PEIYANG

梁宗琦 韩燕峰 梁建东 邹 晓 ◎编著



贵州出版集团

GUIZHOU PUBLISHING GROUP

贵州科技出版社

图书在版编目(CIP)数据

虫草的人工培养 / 梁宗琦等编著. — 贵阳: 贵州
科技出版社, 2012. 12
ISBN 978 - 7 - 5532 - 0071 - 2

I. ①虫… II. ①梁… III. ①虫草属 - 人工培养
IV. ①S567.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 001311 号

虫草的人工培养

梁宗琦 韩燕峰 梁建东 邹 晓 / 编著

出版发行	贵州出版集团 贵州科技出版社
地 址	贵阳市中华北路 289 号(邮政编码:550004)
网 址	http://www.gzstph.com http://www.gzkj.com.cn
经 销	全国各地新华书店
印 刷	贵阳科海印务有限公司
版 次	2013 年 1 月第 1 版
印 次	2013 年 1 月第 1 次
字 数	180 千字
印 张	10 彩 插 0.75
开 本	787 mm × 1 092 mm 1/16
书 号	ISBN 978 - 7 - 5532 - 0071 - 2
定 价	28.00 元

前言

QIAN YAN

虫草(广义)是一类重要的昆虫病原真菌。其中,冬虫夏草 *Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc. 是其重要的代表之一。冬虫夏草作为传统中药的应用,在我国已有上千年的历史。近年来,由于需求量的增加,过度的采挖已使天然资源正常的保有受到极大的威胁。冬虫夏草脆弱的生境也受到破坏。人工培养虫草子实体和菌丝体的途径,成为异地保育这种宝贵虫草资源的一种必然选择,故人工培养冬虫夏草方法的研究受到了人们更多的关注。

在虫草的大家庭中,除冬虫夏草外,国内外已对蛹虫草 *Cordyceps militaris* (L.) Link、高雄山虫草 *Cordyceps takaomontana* Yakush. & Kumaz. 和大蝉草 *Cordyceps cicadae* X. Q. Shing 等进行了人工培养,工厂化生产(栽培)这些虫草的子实体或菌丝体作为保健食品或新的食品资源已推向了市场。在这些规模化的生产中,如何高质量、低成本和稳定连续地生产,先进的和科学的培养方法成了生产者必须关注和掌握的关键技术之一。从某种意义上说,谁掌握了虫草规模化生产的优良菌种和它的制种培养,谁就占领了这个虫草生产的制高点。可见,人工培养方法在制种技术和后续的生产中极其

重要!

现代的研究成果已表明,真菌与动物,特别是昆虫,共享各种各样的协同发育史。在这种复杂的关系中,昆虫病原真菌形成各种次生代谢产物。这些物质是真菌抵抗食菌生物、昆虫竞争者和食草生物胁迫的一种武器;而对寄主昆虫,这些代谢产物则是昆虫病原真菌降低寄主的适应性和抵抗寄主免疫系统的武器。总之,真菌的次生代谢产物可调节真菌对动物的抵抗力,同时也是真菌迫于昆虫的选择压力而维持的一个进化防卫系统。对人类而言,这些在化学结构和生物活性上极具多样性的次生代谢产物则是人类寻找真菌药物的一个重要资源库!近年,从昆虫病原真菌(特别是虫草)中分离培养寻找新物质的研究报告已明显增加。如今已从虫草的培养物中发现了抗癌、抗菌、抗疟原虫等新物质。但无论哪种研究,要实现预期的筛选目的,其面临的首要问题就是菌种的分离及其培养。培养方法是真菌药物开发研究中必不可少的重要环节!

近代基础科学和应用基础研究的成果,为真菌具生物活性物质的深度和广度开发利用展现了广阔的前景。如近年在虫草及其近缘真菌的开发研究中,组合加入表观遗传修饰剂,如组蛋白脱乙酰基酶和 DNA 甲基转移酶抑制剂,已从 *Cordyceps indigotica* Kobayasi & Shimizu 诱导产生了一个芳香的聚酮类糖苷,此物质具有大麻受体的配体活性;从 *Cordyceps annullata* Kobayasi & Shimizu 诱导产生了一个烷基化的聚酮。如果组合加入上述两种酶抑制剂到一种球束梗孢 *Gibellula* sp. 的培养基中,则可显著地提高两个天然化合物——高氧化麦角甾醇和棒束孢素类似物的含量。上述基于新基础研究成果对培养方法的拓展,为通过培养方法扩大虫草资源的利用价值展现了一个新的视野!

分子生物学原理和技术的介入,使人们得以从分子水平认识虫草,以及提高对虫草的利用水平。作为特定功能基因的载体菌株的保存、鉴定和利用,人工培养也势在必行!

随着人类对虫草资源开发利用的扩大和深化,新的虫草资源种类和培养方法会不断增加。笔者在此介绍现阶段的一些多以子实体培养为主的虫草的培养方法,部分介绍菌种分离和菌丝体的培养;对少数种如蛹虫草和高



雄山虫草特定基因型菌株的培养利用也作简要介绍,以期能对虫草的研究者、开发和生产者提供参考。

最后,感谢评审专家对书稿提出的宝贵意见;感谢研究生杜文、王宝林、陈万浩和王玉荣为书稿的修改付出的辛勤劳动;感谢贵州省科学技术学术著作出版资金的资助;感谢贵州科技出版社王霞等同志对本书的认真审改和编辑加工。

恳请读者在使用过程中提出宝贵意见。

笔 者

2012年10月12日于贵阳花溪



目 录

MULU

第一章 概 述	(1)
第二章 虫草的形态特征	(5)
第三章 虫草的分类学	(10)
第四章 虫草的人工培养	(15)
一、巴西虫草	(15)
二、布氏虫草	(17)
三、长座虫草	(21)
四、大蝉草	(23)
五、大团囊虫草	(30)
六、戴氏虫草	(33)
七、单侧生虫草	(36)
八、冬虫夏草	(39)
九、粉被虫草	(58)
十、高雄山虫草	(62)

十一、古尼虫草	(72)
十二、广东虫草	(77)
十三、红虫草	(79)
十四、尖头虫草	(82)
十五、江西虫草(草木王)	(84)
十六、拟细虫草	(87)
十七、蜣螂虫草	(88)
十八、球孢虫草	(92)
十九、球头虫草	(96)
二十、日本虫草	(98)
二十一、伸长虫草	(99)
二十二、双梭孢虫草	(100)
二十三、台湾虫草	(103)
二十四、泰山虫草	(106)
二十五、勿忘虫草	(108)
二十六、细虫草	(111)
二十七、下垂虫草	(113)
二十八、蚁虫草	(115)
二十九、蚁生虫草	(116)
三十、蛹虫草	(117)

参考文献	(131)
------------	-------

彩色图版



第一章 概 述

传统上,虫草属 *Cordyceps* (Fr.) Link 是隶属于真菌界(Fungi)、子囊菌门(Ascomycota)、子囊菌纲(Ascomycetes)、粪壳菌亚纲(Sordariomycetidae)、肉座菌目(Hypocreales)、麦角菌科(Clavicipitaceae)(Kirk et al., 2001)。这些真菌主要寄生于昆虫、蜘蛛和大团囊菌属 *Elaphomyces* Nees & Fr. 的某些地下种类的子实体。据小林義雄和清水大典(1983)统计,全世界已报道有虫草 350 种以上。继后,臧穆等(1982),Liu et al. (1984),刘波等(1985),Zang et al. (1990, 1998),Hywel-Jones(1994, 1995b),Li et al. (2002)和本书的研编者又报道了不少我国及东南亚地区的虫草。根据国际真菌名录数据库([http://www. index-fungorum. org/Names/NAMES. ASP](http://www.index-fungorum.org/Names/NAMES.ASP)),2012 年列出的虫草(广义)种名已达到 536 种以上,加上国内外近年发表的新种和其他资料,全世界已报道记载的虫草的种名多达 600 个左右。除去同物异名或不合法的废弃名及移至其他属的种外,现有虫草应有 400 种左右。

我国现已报道虫草约 120 种,仅笔者所在实验室近年从全国各地就采集到 70 余种,其中不少是新种和新纪录种。我国大量的虫草资源还有待发现和研究开发。

生物产业的兴起对生物资源的重视与需求与日俱增。虫草由于其形态特征的奇异和其代谢产物及应用范围的多样性(它们主要在害虫的自然控制、用作生物防治剂和虫草的生物活性物质利用等方面有重要应用前景),备受科学工作者和生产开发者的关注和生物学爱好者的青睐。

1. 虫草与害虫的自然控制

虫草对调节森林节肢动物数量、维持森林系统的平衡起着明显的作用。在热带雨林中,森林昆虫的主要昆虫病原真菌是虫草,而在温带地区则以虫霉目种类占优势,如在加纳的一些森林中,至少有 16 种蚁可被澳洲虫草 *Cordyceps australis* (Speg.) Sacc. 和单侧生虫草 *C. unilateralis* (Tul.) Sacc. 寄生。在中国贵州省的一些森林中,金针虫虫草 *C. agriota* Kawam. 和针孢虫草 *C. acicularis* Ravenel 就对金针虫的种群数量有控制作用。

2. 虫草用作害虫的生物防治剂

虫草在害虫的生物防治中常作为一种生物制剂使用。早在 20 世纪 50 年代,前苏联的生物学家就曾用棒形虫草 *C. clavulata* (Schw.) Ellis & Evans 的无性型蜡蚧被毛孢 *Hirsutella lecanicola* (Jaap) Petch 进行人工培养,以此物防治核桃介壳虫(耶夫拉霍娃,1982)。1976 年 Ilnytsky 等人用蛹虫草 *C. militaris* (Fr.) Link. 的菌丝体和分生孢子制剂室外防治 *Melanolopha imilata* 幼虫获得成功(Weiser, 1982)。布氏白僵菌 *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch 是布氏虫草 *C. brongniartii* Shimazu 的无性型,是金龟子幼虫最致命的病原菌之一。球孢虫草 *C. bassiana* Z. Z. Li, C. R. Li, B. Huang & M. Z. Fan (Li et al., 2001) 的无性型球孢白僵菌 *B. bassiana* (Balsamo) Vuillemin 是昆虫病原微生物中最重要的成员之一。据不完全统计,在全部昆虫疾病中,由它引起的就占到 21% (蒲蛰龙,1994)。从 1954 年开始,我国主要用固体发酵法生产的白僵菌制剂,用于 30 余种农、林、果和茶等的害虫的防治。在法国和美国,已用在固体培养基上生产的不同商品制剂防治欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis*、亚洲玉米螟 *O. furnacalis*、蔬菜和观赏植物的白粉虱、蓟马和蚜虫等。我们已先后证明有两种绿僵菌是虫草的无性型(梁宗琦等,2007)。金龟子绿僵菌 *Metarhizium anisopliae* Sorok. 是一种广泛存在的昆虫病原真菌。国内外生产的商品制剂已用于防治各种作物的鞘翅目和鳞翅目的害虫。

3. 虫草的生物活性物质及应用价值

虫草对人类生产和生活另一真正巨大的潜质是它们产生的多种多样的代谢产物。其中除含有各种氨基酸、嘌呤、无机盐和甾醇等的外,还有多种其他生物活性物质。

(1) 核苷。虫草菌素(cordycepin), 3'-脱氧腺嘌呤核苷(3'-deoxyadenosine)。它除了对鸟结核杆菌 *Mycobacterium avium* Chester 和枯草杆菌 *Bacillus*



subtilis (Ehrenberg) Cohn 有拮抗作用外,还可抑制 DNA 和 RNA 的合成,促进细胞分化,抑制蛋白质激酶的活性,对膀胱癌、结肠癌、肺癌和纤维肌瘤、艾氏腹水疣、人表皮样癌及子宫颈癌 Hela 细胞均有抑制作用。此外,还抑制人免疫缺失 I 型病毒的感染和反转录酶的活性等。 $N^6 - (2 - \text{羟乙基})$ 腺嘌呤核苷 [$N^6 - (2 - \text{hydroxyethyl})$ adenosine], 是一种生物来源的钙离子拮抗剂,它对辐射伤害的保护效果也十分明显 (Furuya et al., 1983; 黄建忠等, 1992)。

(2) 多糖。冬虫夏草及其菌丝体的水提取物含有几种具免疫调节作用和对人白血病再生与分化有明显抑制作用的多糖 (Chen et al., 1997)。此外,小蝉草 *C. sobolifera* (Hill.) Berk. & Br. 含有一种水溶性的半乳甘露聚糖。大团囊虫草 *C. ophioglossoides* (Ehrh.) Fr. 含一种不溶于水的胞外多糖。大量药理试验表明,虫草的多糖具有抗肿瘤作用,可增强单核巨噬细胞的吞噬能力,提高小鼠血清中 IgG 的含量,对体外淋巴细胞转化有促进作用,以及具有抗辐射、保肝等作用。

(3) 生物碱。现已证明,绿僵菌属中的某些种是虫草的无性型。有名的金龟子绿僵菌不仅在害虫生物防治中作用显著,而且它所产生的的一些代谢产物也具应用前景,例如:细胞分裂抑制素能抑制寄主昆虫细胞的活动,降低血淋巴中吞噬细胞的活性和被囊化,有助于侵染后疾病的发展。此外,这种物质还能抑制哺乳动物离体细胞原生质的割裂,进而形成多核细胞,且抑制细胞运动并挤出核。此物质可用作细胞生物学研究的一种工具。苦马豆素是一种吲哚类的物质,它具有免疫调节、抑制腹水瘤细胞 S_{180} 的生长及减少黑色素瘤向肺部转移等功能 (Hino et al., 1985; Kiho et al., 1985)。

(4) 甾醇类。从冬虫夏草的菌丝体甲醇溶液中复分离提纯到两个新的具有抗多种恶性肿瘤活性的甾醇类物质,其中一个为麦角甾醇衍生物的葡萄糖甙,另一个是环氧甲胆甾核二烯醇。经恶性肿瘤细胞生长抑制实验表明,前者在 $10 \mu\text{g}/\text{mL}$ 浓度下,比后者对恶性肿瘤细胞 K562 (红白血病)、Jurkat (T - 成淋巴细胞)、HL - 60 (骨髓细胞白血病)、WM1341 (恶性黑色素瘤) 和 RPMI8226 (多发性骨髓瘤) 的增生抑制率提高了 10% ~ 40% (Bok et al., 1999)。从冬虫夏草分离提纯的另一个甾体类活性组分 “H1 - A” ($\text{C}_{28}\text{H}_{42}\text{O}_2$), 能抑制人活化的肾小球膜细胞增殖,缓解 IgA 肾病 (Berger's 病), 以及防治出现尿毒症和蛋白尿 (Lin et al., 1996)。

(5) 其他。从子囊菌和担子菌中发现具生物活性的物质,是当前生物科学

中一个十分活跃的领域。在虫草中还发现了一些有趣的新物质,例如,Kittakoop et al. (1999)从单侧生虫草 BBC1869 菌株分离到了一些具生物活性的萘醌类物质,这类物质在 1×10^{-6} g/mL 的剂量下就有中等程度的抗疟疾活性。Isaka et al. (2000)从拟蛹虫草 *C. pseudomilitaris* Hywel-Jones BCC1620 菌株中分离到两种独特的虫草酚。随后,从拟蛹虫草的同一菌株中发现了一种新的、具抗疟疾活性的类黄酮活性物质(Isaka et al. ,2000;Jaturapat et al. , 2001)。



第二章 虫草的形态特征

虫草是由寄主昆虫和寄生它的虫草菌共同组成的复合体。以古尼虫草 *C. gunnii* (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。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。

在虫草属内, 用于分类鉴定的主要形态结构特征有内核菌、菌丝体、子座等。

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 *C. aeruginosclerota* Z. Q. Liang & A. Y. Liu 的菌核菌丝可呈绿色(Liang et al., 1997)。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。在一些种中, 孢囊具有一定的鉴别意义, 如单侧生虫草的孢囊呈梭形或柱状, 有 1~2 个分隔。

2. 菌丝体

在寄主体表常被以各种菌丝体结构或菌套。如小蝉草 *C. sobolifera* (Hill ex Watson) Berk. & Broome 不仅在体表形成菌丝层, 而且在寄主头部产生白色、肉质垫状菌丝层, 子座由此长出。

虫草的子座通常是从寄主虫体直接长出。冬虫夏草的典型特征则是, 形成子座的暗褐色菌丝层整个地将寄主头部套住。但有一些种, 如布氏虫草 *C. brongniartii* Shimazu 和九州虫草 *C. kyushuensis* Kawamura 则可从产生于寄主昆

虫体表的菌丝索上形成。黑锤虫草 *C. gracilis* (Grev.) Dur. & Mont. 和其近缘种 *C. glaziovii* Henn. 及拟细虫草 *C. gracilioides* Kobayasi 的主要区别就在于其子座是形成于明显的丝状菌丝体结构上。

上述形成的根状、纤维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,这为一种虫草无性型的分离和确证提供重要的依据。

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也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。如笔者曾人工切除幼嫩古尼虫草 *C. gunnii* (Berk) Berk 子座的上部,结果就从单生的子座变成了多个簇生的子座。

在同一个种中,子座的大小随寄主体的大小和环境而异,如来自澳大利亚森林中的古尼虫草子实体就比从中国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、节间及副肢的基部长出。而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。

对那些可孕部分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。然而,子实体呈丝状、柱状或棒状的种,其柄和可孕部分的宽度相差不大,故两部分的差别也不明显。

通常,子座的质地可分为肉质、纤维质、木质和革质等,它们都具有明显的分类意义。

在同一个种内,子座的颜色是相对稳定的,但随着发育成熟,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、白色或黑色,以及各种色调的褐色。少数种的可孕部分和柄具有明显不同的两种颜色,如下垂虫草可孕部分和柄的上部为红色,下部则为黑色。一些种,新鲜时与干燥后的标本一致;有的种,在干燥或浸入酒精等液体后会变黑。

4. 子囊壳

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

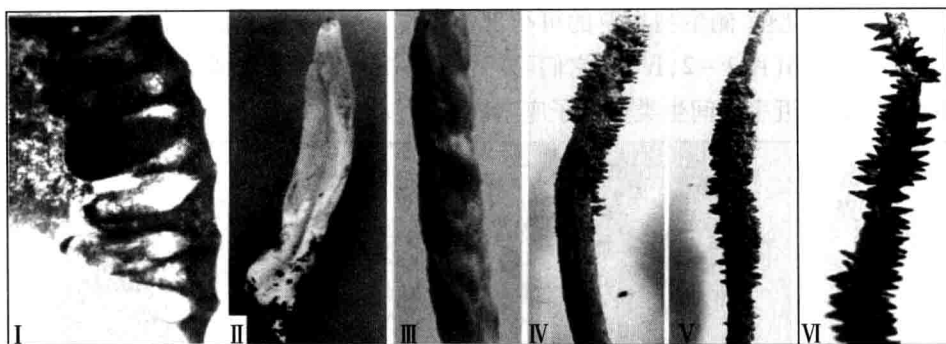


图 1-1 虫草子囊壳的着生类型

I ~ II. 垂直埋生 III: 倾斜埋生 IV ~ V. 表生

(引自梁宗琦等, 2009)

在子囊壳表生的类群中,若子囊壳之间排列十分紧密,且上部又膨大,其外观就很像埋生型,如冬虫夏草就是如此。而另一些种,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。上述两种情况都称为假埋生。

在子囊壳埋生的类群中可分为垂直埋生和倾斜埋生两类。垂直埋生的种,绝大多数是与可孕部的中轴相垂直,单轮层、辐射状地埋生于皮层之下。有个别的种,如多壳虫草 *C. polycarpica* Z. Q. Liang & A. Y. Liu 也可具有双轮层的子囊壳,垂直埋生于可孕部分的皮层之下。在垂直埋生类群中,如果子囊壳有近 1/2 部分突出于皮层之上则称为半埋生。倾斜埋生类群中的子囊壳皆以小于 90° 的倾角埋生于可孕部分皮层下,且子囊壳的喙部常伸长弯向皮层。

5. 可孕部分

除少数种,如根状虫草 *C. rhizoidea* Hohnel 和瘤座虫草 *C. tuberculata* (Lebert) Maire 由于其子囊壳是分散产生的,子座可孕部分与柄的界限不明显外,其他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分。

根据可孕部分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 1-2, I - II)。

(2) 间生型。当一个种的可孕部分很长且外观和茎基本一样时,上部留下不孕的部分就属于间生型(图 1-2, 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 *C. variabilis* Petch (图 1-2, IV)。它们可环绕子座的侧面或近顶端, 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。

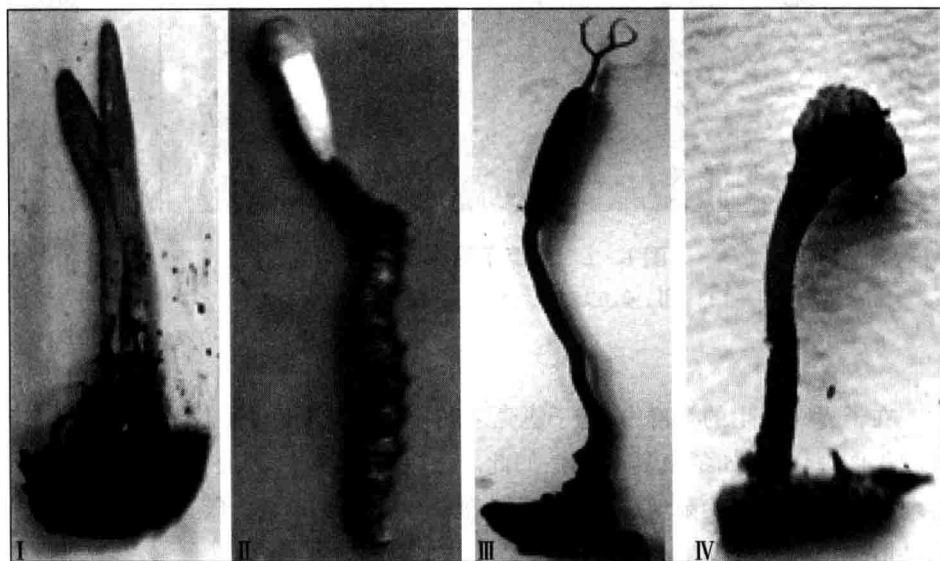


图 1-2 虫草可孕部的顶生 (I ~ II)、间生 (III) 和侧生 (IV) 三种类型

(引自梁宗琦等, 2009)

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。子囊顶部的结构及其形态, 在本属种的鉴定中有重要意义。除少数种, 如蟑螂虫草 *C. blatae* Petch, 子囊顶部无明显加厚外, 其余的种都有不同程度帽状加厚, 其中心含有一条发射孢子的细孔道。加厚的子囊帽形状大致可分为扁球形、半球形和不同长度的柱形等三类。

7. 子囊孢子

子囊中通常含有 8 条子囊孢子, 平行或轻微扭曲, 如杪椋虫草 *C. suoluensis* Liang & Liu 和山西虫草 *C. shanxiensis* B. Liu, F. X. Rong & H. Jin 等。冬虫夏草和杪椋虫草等少数种, 在子囊孢子发育过程一些败育, 成熟时通常就只有 2~4 条子囊孢子。以冬虫夏草为例, 子囊孢子的发育大致可分为如下三个阶段 (梁宗琦等, 1995a):



(1) 原子囊孢子期。此时期子囊内原生质浓缩成外缘清晰可见的近球形、椭圆形、卵圆形或长圆形的原子囊孢子,8个,一般大小为 $4.8 \sim 10 \mu\text{m} \times 3.6 \sim 6 \mu\text{m}$ 。

(2) 原子囊孢子伸长期。此时期,孢子通常沿子囊长轴从孢子一端突出,伸长生长,多数宽 $3.5 \sim 6 \mu\text{m}$,一般不分隔。原子囊孢子伸长初期,大多数不萌发而败育,在绝大多数子囊中,最终只形成2个丝状子囊孢子。此时孢子已出现分隔,宽度与原孢子期相同,但隔细胞较长, $30 \sim 37.5 \mu\text{m}$ 。

(3) 子囊孢子形成期。子囊孢子继续伸长并不断出现分隔,隔细胞长度比孢子伸长期出现时短,大小为 $6 \sim 12 \mu\text{m} \times 3 \sim 6 \mu\text{m}$ 。败育的各形孢子仍可见,少数子囊中也可见很纤细的丝状子囊孢子,这种败育的子囊孢子在成熟的子囊中则很少见到。

子囊孢子的形状和成熟后是否断裂成次生子囊孢子,以及次生孢子的形状在虫草属分亚属时具有很重要的意义。

多隔孢子类型。属此类型虫草的子囊孢子呈长梭形,成熟时形成数个隔膜,但不会断裂成小段的次生子囊孢子。

柱孢子类型。属此类型虫草的子囊孢子通常呈柱形,与子囊一般等长,多隔。成熟时断裂成小段的次生子囊孢子,大多柱状,也有两端钝圆的长圆形,少数种可呈小的正方形,后变成球形,如泽地虫草 *C. palustris* Berk. & Broome 和虫生虫草 *C. larvicola* Quél.。

梭孢子类型。属此类型虫草的子囊孢子也是多隔,长柱形。成熟后断裂形成的次生子囊孢子两端变尖,明显梭形。

绝大多数子囊孢子无色透明。荧光染色发现,在次生子囊孢子中的染色体数不尽相同,有的甚至无核。一些虫草的次生子囊孢子在特定条件下,可诱发在其无性型鉴定中有独特意义的微循环产孢,如戴氏虫草、布氏虫草及冬虫夏草等。