

文章编号: 1001-1498(2007)01-0063-05

# 蛹虫草的一种寄主昆虫初步调查和主要成分分析\*

马涛<sup>1</sup>, 冯颖<sup>1</sup>, 吴兴平<sup>2</sup>, 张翼鸿<sup>2</sup>, 马艳<sup>1</sup>, 王自力<sup>1</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南 昆明 650224; 2. 云南省昭通市昭阳区林业局森防站, 云南 昭通 657000)

**摘要:**对云南省昭通地区发现的蛹虫草进行了初步调查,其寄主昆虫为鹰翅桦尺蛾,1年1代,以蛹越冬,幼虫取食华山松叶,为当地华山松纯林的主要害虫,危害高峰期为9月中旬至10月上旬。蛹虫草主要发生于海拔2200~2400m的华山松人工纯林,发生期为气候温和,降水丰沛,空气湿润的夏末秋初季节(7月下旬至9月下旬)。成分分析表明,该虫草营养成分丰富,含有646.0g·kg<sup>-1</sup>的蛋白质,37.0g·kg<sup>-1</sup>的粗脂肪,54.3g·kg<sup>-1</sup>的总糖,35g·kg<sup>-1</sup>的灰分,17种氨基酸,氨基酸总量为266.3g·kg<sup>-1</sup>,还含有多种人体代谢所必需的无机元素。

**关键词:**蛹虫草;鹰翅桦尺蛾;生境;营养成分

中图分类号: S763.3 文献标识码: A

## Primary Investigation of a Host Insect of *Cordyceps militaris* and Analysis of Its Main Ingredients

MA Tao<sup>1</sup>, FENG Ying<sup>1</sup>, WU Xing-ping<sup>2</sup>, ZHANG Yi-hong<sup>2</sup>, MA Yan<sup>1</sup>, WANG Zi-li<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Resources Insects, CAF, Kunming 650224, Yunnan, China;

2. Forest Protection Station of Zhaoyang Forestry Bureau, Zhaotong 657000, Yunnan, China)

**Abstract:** The *Cordyceps militaris* found in Zhaotong, Yunnan Province was investigated. The host insect is *Biston falcata*, which has one generation a year in Zhaotong and overwinters by pupae. The larvae eat the needles of *Pinus amandii* Franch, and therefore is a harmful pest of the pine from mid September to early October. *Cordyceps militaris* mainly lives in amand pine forest with the altitude of 2200~2400m. Its fruit bodies occur from late July to late September, in the mild, moist and rainy habitat. Analysis indicated that the fungus had rich nutrition ingredients including 646.0g·kg<sup>-1</sup> protein, 37.0g·kg<sup>-1</sup> crude fat, 54.3g·kg<sup>-1</sup> total sugar, 35g·kg<sup>-1</sup> ash, and 17 kinds of amino acids. Total quantity of amino acids is 266.3g·kg<sup>-1</sup>. Many kinds of inorganic elements needed in human metabolism are included.

**Key words:** *Cordyceps militaris*; *Biston falcata*; Habitat; Nutrition ingredients

蛹虫草 (*Cordyceps militaris* (L. ex Fr) Link) 是虫草属 (*Cordyceps* Link) 模式种, 在我国又叫北冬虫夏草, 是一种能寄生于多种昆虫蛹及幼虫的虫草菌。蛹虫草为药用虫草之一, 在功能食品、医药及生物技术方面具有实用价值<sup>[1,2]</sup>, 因不同于冬虫夏草那样寄主专一、生境苛刻, 其分布相对广泛, 对其开发利

用及研究相对容易, 故成为目前虫草菌研究的热点。据报道<sup>[3]</sup>, 蛹虫草寄主昆虫共3目11科19种, 其中有16种为鳞翅目昆虫, 尺蛾科有2种, 油茶尺蛾 (*Biston marginata* Matsumura) 和褐纹大尺蛾 (*B. robustum* Butler), 鹰翅桦尺蛾 (*Biston falcata* (Warren)) 未见报道。2003年7月下旬, 在云南省昭通市

收稿日期: 2006-04-13

基金项目: 中国林业科学研究院科技发展基金项目“蛹虫草的分离鉴定及主要生物学特征的研究”

作者简介: 马涛 (1972—), 女, 云南昆明人, 助理研究员, 硕士。

\*中国科学院动物研究所武春生研究员帮助鉴定寄主昆虫, 部分分析工作由农业部农产品质量监督检验测试中心完成, 在此一并致谢!

昭阳区靖安林区进行野外调查时,发现一蛹虫草,经鉴定,其寄主昆虫为鹰翅桦尺蛾,为此对该虫草的寄主昆虫及发生的生境条件进行了初步调查研究,并对其主要营养成分进行了分析。

## 1 调查地概况及研究方法

### 1.1 调查地概况

调查地为昭阳区靖安林场,位于云南省昭通市,103°8′~103°56′E,27°7′~27°39′N。该区地处云贵高原西北部,地势西高东低,为滇中凹部的东北端,有较完整的高原地貌,海拔 1 949.5 m。境内立体气候明显,涵盖了从亚热带到暖温带之间几大气候类型。冬季气温较低,夏季凉爽,干湿两季分明。全年年均气温 11.5℃,极端最高温 33.5℃,最热月 7 月均温 19.8℃,极端低温 -13.3℃,最冷月 1 月均温 2℃,全年 10℃ 积温为 3 217℃,平均地面温度 15.3℃;年均降水量 738.6 mm,多集中于 5—10 月,约占全年总降水量的 88.7%,年平均蒸发量 1 696.1 mm,年平均相对湿度 75%;年均日照时数 1 899.7 h,无霜期约 324 d。

### 1.2 研究方法

1.2.1 蛹虫草发生区生境调查 (1)林分调查:蛹虫草发生林的树种组成、树龄、树高、胸径、地表植被及病虫害调查;(2)土壤分析:采集蛹虫草发生地 0~20 cm 表层土壤进行理化性质分析;(3)温度及湿度调查:林内温湿度用干湿球温度计进行测定,于子实体发生期每天 8:00 和 14:00 观测记录林内干湿球温度读数,计算整个发生期的日平均温度,并根据干湿球温度读数计算林内空气平均相对湿度;(4)光照:调查林木密度及郁闭度,并通过昭通气象站历年气象资料获得发生时期的月平均日照时数及月平均日照百分率。

1.2.2 蛹虫草及其寄主昆虫调查 于 2003 年和 2005 年在靖安林区受蛹虫草寄主昆虫危害严重的地区进行定点调查,观察蛹虫草及寄主昆虫各虫态发生时期,并随机选择 1 m × 1 m 的样方进行越冬蛹及出草率调查,并在出草期及寄主昆虫各虫态发生时期采集虫草及各虫态标本进行形态观察。

1.2.3 主要营养成分分析 采集蛹虫草(虫体和菌体)及未被虫草菌侵染的蛹洗净烘干后磨成粉状进行分析。蛋白质测定参照 GB/T5009.5 进行,粗脂肪测定参照 GB/T5009.6 进行,总糖测定用二硝基水杨酸比色法,灰分测定参照 GB/T5009.8 进行,

无机元素测定用 ICP 法,氨基酸测定参照 GB/T5009.126-2003 进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 蛹虫草发生的生境条件

2.1.1 林分 蛹虫草发生于海拔为 2 200~2 400 m 的华山松(*Pinus amandii* Franch.)人工纯林中。据调查,其树龄在 26~32 a 之间,树高 9~13 m,胸径 6~14 cm,树木病害以华山松腐烂病为主,虫害以鹰翅桦尺蛾为主。林下灌木稀疏,主要以金丝桃(*Hypericum monogynum* L.)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、峨眉蔷薇(*Rosa meiensis* Rolfe)等小灌木为主,草本层为蕨类植物、翻白草(*Potentilla griffithii* Hook. f. var. *velutina* Card.)和其它杂草,灌木和杂草混生形成稀疏的灌、草丛,其盖度为 30%~40%,枯枝落叶与杂草覆盖地面。由于发生地位于 20°~25° 的缓坡上,因而该林地不仅排水性较好,而且具有较好的保水保肥能力。

2.1.2 土壤特征 发生地土壤为黄红壤,土层厚度 50~70 cm,土质湿润、疏松、透气性好。林下草地土壤表层为枯枝落叶覆盖的腐殖质土,厚度约 1~2 cm。分析表明,土壤酸度大,pH 值为 4.16,有机质含量非常丰富,达 133.2 g·kg<sup>-1</sup>(表 1)。

表 1 蛹虫草发生地土壤分析

pH 值	有机质			速效氮			速效磷			速效钾		
	全氮	全磷	全钾	(g·kg <sup>-1</sup> )			(mg·kg <sup>-1</sup> )					
4.16	133.2	6.5	1.1	13.4	476	8.5	67.6					

2.1.3 温湿度与水分 蛹虫草子实体发生于夏末秋初季节,此时气候暖和,气温稳定,降水量充足。据历年气候资料显示,发生期日平均温度为 15.9~19.6℃,平均地面温度为 19.6~23.8℃。2005 年林内小气候测定表明,发生期早晨平均气温为 13℃,中午平均气温为 17℃。发生期雨量充沛,月平均降水量约为 124 mm,月平均相对湿度为 78%~80%,空气较为湿润。2005 年测定,发生期林内空气相对湿度为 69%~75%,说明该虫草喜发生于降水多,气候温和,空气湿润的时期。降水对该虫草的发生有较大的影响,经调查,2003 年该虫草发生于 7 月下旬,8 月为出虫草高峰期,9 月下旬近尾期,发生期近 2 个月;2005 年春夏持续干旱,年降水量仅 475.2 mm,其子实体发生时间出现推迟,至 8 月下旬才发现少量虫草,9 月下旬近尾期,发生期仅 1 个月。另据 2005 年气候资料,发生期月平均降水量仅

为 72 mm, 虽然在全年属降水较多的时期, 但明显低于历年该时期的平均降水量。

2.1.4 光照 其发生地以半阴坡为主, 通风透气性好, 林木密度为 3 795 ~ 4 965 株 · hm<sup>-2</sup>, 郁闭度为 0.70 ~ 0.85, 林内光照较弱, 散射光线充足, 发生时期月平均日照时数为 161.2 h, 月平均日照百分率约 41%。

2.2 出草率及蛹虫草特征

2.2.1 出草率 2003 年 2 月进行鹰翅桦尺蛾越冬

蛹调查, 在危害严重的样方内平均有蛹 79 个 · m<sup>-2</sup>, 其中活蛹数为 73 个, 死蛹数为 6 个; 同年 8 月, 在同一地点样方内调查蛹被真菌寄生情况, 长出子实体的平均 5.47 个 · m<sup>-2</sup>, 仅以长出子实体的个数计算, 其侵染率约为 7%。由于人工防治及干旱影响, 虫口数大大减少, 蛹虫草也随之减少。经 2005 年调查, 出草率较低, 仅为 2.17 个 · m<sup>-2</sup> (表 2)。

表 2 鹰翅桦尺蛾越冬蛹、蛹虫草及其侵染率调查 ( $\bar{x} \pm SD$ )

样方数 / 个	2003 年			2005 年		
	蛹总数 / (个 · m <sup>-2</sup> )	活蛹数 / (个 · m <sup>-2</sup> )	死蛹数 / (个 · m <sup>-2</sup> )	样方数 / 个	蛹虫草数 / (个 · m <sup>-2</sup> )	侵染率 / %
20	78.55 ± 47.11	72.50 ± 45.13	6.05 ± 2.91	50	5.47 ± 5.09	6.96
				40	2.17 ± 1.94	

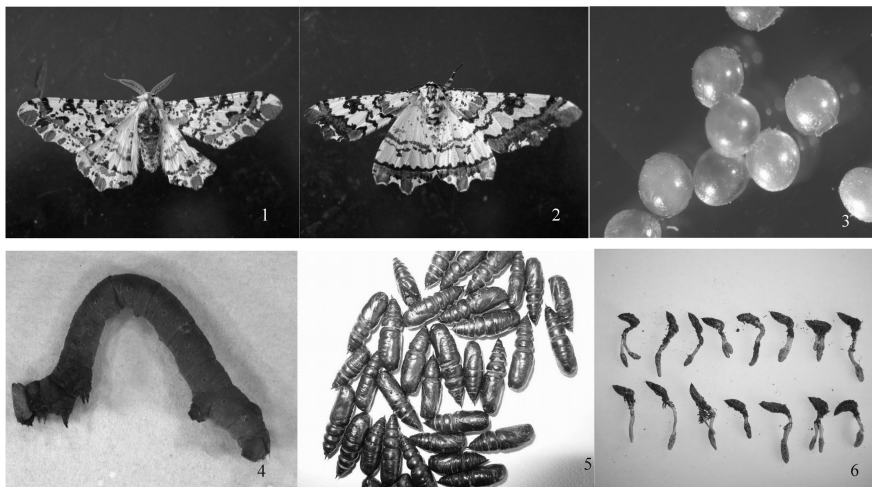
2.2.2 蛹虫草形态特征 子座单个或有时数个由昆虫蛹的前端长出, 有时从节上发出, 极少分枝, 橙黄色, 高 1 ~ 6 cm, 头部棒状, 有时鹿角状, 长 5 ~ 20 mm, 粗 1 ~ 5 mm, 子囊壳外露, 近圆锥形 (图版 -6)。

2.3 寄主昆虫

经鉴定, 该蛹虫草的寄主为鹰翅桦尺蛾, 该虫分布于我国云南 (昭通) 和西藏 (察隅), 国外分布于锡金、尼泊尔、印度。在昭通市昭阳区, 其幼虫是华山松的主要害虫, 严重时食尽华山松针叶, 对树木造成极大的危害。

2.3.1 各虫态特征 (1) 成虫: 体长约 15 mm 左右, 翅展 53 ~ 63 mm。下唇须具黑色毛。雄蛾触角双栉齿状, 主干黑褐色, 分枝棕色; 雌蛾触角线形, 棕色具黑白点。头部白色。胸部白色, 有黑点。腹部黄白色到黄褐色, 有成排或散布的黑色点。翅基片

白色, 有 1 条黑纹。翅白色, 散布褐色及黑色斑点; 横线褐色到黑褐色, 翅中部有 2 条黑褐色波状纹; 外线波状, 其内外侧有黑色锯齿状边, 此黑边雌蛾比雄蛾宽。前后翅外缘中部凸出, 其上有 2 枚棕色斑 (图版 -1, 2)。(2) 卵: 卵为球形, 直径为 0.8 ~ 0.9 mm, 卵表面光滑, 葡萄串状排列, 颜色为淡黄、黄色至灰褐色 (图版 -3)。(3) 幼虫: 老熟幼虫枯树枝色, 身体表皮粗糙, 体长 25 ~ 38 mm, 体背散布不规则的黑褐色小点, 头部中央凹陷, 两侧呈角状突出。前胸及 1 ~ 8 腹节上各有一对气门。腹足 2 对, 分别位于第 6 和第 10 腹节上, 腹足具趾钩, 趾钩平行排列为二行 (图版 -4)。(4) 蛹: 蛹为被蛹, 蛹体暗红褐色, 纺锤形, 体长 20 ~ 40 mm。头部钝圆, 没有突起。臀棘刺状, 1 根, 不分叉 (图版 -5)。



1. 雄成虫; 2. 雌成虫; 3. 卵 (25 ×); 4. 幼虫 (7 ×); 5. 蛹; 6. 蛹虫草

图 鹰翅桦尺蛾及蛹虫草

2.3.2 生活史 该虫在昭阳区 1 a 发生 1 代,以蛹在土中越冬,老熟幼虫 10 月下旬开始下树,在地表下 3~6 cm 的土中化蛹。蛹历期较长,约 240 d,至次年 6 月下旬开始羽化,羽化高峰期在 7 月中旬。成虫

羽化 5 d 后开始交尾,卵期 5~7 d,初孵幼虫始见于 7 月上旬,幼虫取食华山松针叶,危害高峰期为 9 月中旬至 10 月上旬(表 3)。

表 3 鹰翅桦尺蛾生活史

虫态	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下	上中下
蛹												
成虫						+	+	+	+			
卵												
幼虫							-	-	-	-	-	-

#### 2.4 蛹虫草主要营养成分分析

作为虫草菌的研究热点,对于不同产地,不同寄主的蛹虫草,研究者们对其成分都进行过不同程度的分析,结果表明:蛹虫草含有丰富的营养成分,并具有抗炎、抗肿瘤、抗诱变、抗辐射等多种药理作用<sup>[4,5]</sup>。在昭通地区发现的蛹虫草,其寄主昆虫在国内未见报道,为查明其营养价值,对完整的虫草及未被虫草菌侵染的蛹进行了主要营养成分分析。

2.4.1 蛋白质、粗脂肪、总糖和灰分 分析表明(表 4),该蛹虫草含有 646.0 g·kg<sup>-1</sup>的蛋白质,37.0 g·kg<sup>-1</sup>的粗脂肪,54.3 g·kg<sup>-1</sup>的总糖,35.0 g·kg<sup>-1</sup>的灰分,其中前三者的含量都高于蛹粉,尤其是总糖,其含量是蛹粉的 7.14 倍,这可能是蛹被虫草真菌寄生后,真菌多糖作为活性成分含量较高的原因。蛹的灰分含量很高,远远高于蛹虫草,是蛹虫草的 3.4 倍。这可能是由于蛹对矿质元素具有较强的富集作用,而虫草菌的寄生破坏了这一正常的生理活动所致,其具体原因还有待进一步研究。

据报道<sup>[6]</sup>,冬虫夏草含有 253.2 g·kg<sup>-1</sup>的粗蛋白,84 g·kg<sup>-1</sup>的粗脂肪,289 g·kg<sup>-1</sup>总糖和 41 g·kg<sup>-1</sup>的灰分。相比之下,蛹虫草的蛋白质含量远远高于冬虫夏草,是冬虫夏草的 2.55 倍,粗脂肪及总糖含量则明显低于冬虫夏草,灰分含量也比冬虫夏草略低。从蛋白质及脂肪含量来看,该蛹虫草具有高蛋白,低脂肪的特点,比较符合当今人们对食物营养比例的需求。

表 4 蛹虫草及蛹的主营养成分比较 g·kg<sup>-1</sup>

项目	蛋白质	粗脂肪	总糖	灰分
蛹虫草	646.0	37.0	54.3	35.0
蛹粉	608.0	29.6	7.6	119.0

2.4.2 氨基酸 由表 5 可以看出,该蛹虫草含有 17 种氨基酸,氨基酸总量为 266.3 g·kg<sup>-1</sup>。在检测到

的 17 种氨基酸中,有 7 种为人体必需氨基酸(EAA),含量为 103.4 g·kg<sup>-1</sup>,占总氨基酸(TAA)含量的 38.82%,其中组氨酸为婴儿生长发育所必需。评价一种蛋白质质量的优劣,不但要求其蛋白质含量丰富,其蛋白质的氨基酸组成是否合理也是评价的一个重要指标。根据 FAO/WHO 的理想模式,质量较好的蛋白质其氨基酸组成为 EAA/TAA 在 40%左右<sup>[7,8]</sup>,昭通地区发现的这一蛹虫草不仅蛋白质含量丰富,而且氨基酸组成也符合上述要求,因此,是一种优质的蛋白质资源。

表 5 蛹虫草及蛹的氨基酸含量 g·kg<sup>-1</sup>

氨基酸	蛹虫草	蛹粉	冬虫夏草
ASP 天门冬氨酸	19.4	20.6	16.5
THR 苏氨酸	12.1	12.0	9.1
SER 丝氨酸	10.2	10.4	10.8
GLU 谷氨酸	17.2	20.7	23.6
GLY 甘氨酸	25.4	25.7	9.5
ALA 丙氨酸	19.7	17.8	11.4
CYS 胱氨酸	0.7	0.5	3.8
VAL 缬氨酸	30.8	29.0	7.2
MET 蛋氨酸	4.4	1.8	2.9
LE 异亮氨酸	9.8	7.4	22.8
LEU 亮氨酸	14.1	12.2	9.4
TYR 酪氨酸	9.0	9.6	8.5
PHE 苯丙氨酸	12.2	8.4	7.8
LYS 赖氨酸	20.0	18.6	9.1
HIS 组氨酸	11.4	6.0	7.9
ARG 精氨酸	20.9	14.8	14.3
PRO 脯氨酸	29.0	40.9	10.3
必需氨基酸	103.4	89.4	68.3
氨基酸总量	266.3	256.4	184.9
必需氨基酸占氨基酸总量的百分比/%	38.82	34.87	36.93

与冬虫夏草<sup>[9]</sup>相比,该蛹虫草、蛹粉与冬虫夏草的氨基酸种类相同,均有 17 种,三者氨基酸总量和

必需氨基酸含量的顺序为:蛹虫草 ( $266.3 \sim 103.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) > 蛹粉 ( $256.4 \sim 89.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) > 冬虫夏草 ( $184.9 \sim 68.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ); 三者组氨酸含量顺序为:蛹虫草 ( $11.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) > 冬虫夏草 ( $7.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) > 蛹粉 ( $6.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )。除谷氨酸、胱氨酸、异亮氨酸外,蛹虫草其余各氨基酸含量均明显高于冬虫夏草。总体来说,蛹粉的各氨基酸含量与蛹虫草相似,大部分高于冬虫夏草。

2.4.3 无机元素 经分析,该蛹虫草含有多种矿质元素,均为人体代谢所必需的无机元素(表 6),其中 P、K 和 Zn 的含量比冬虫夏草<sup>[10]</sup>高,其余 Ca、Mg、Fe、Cu、Mn 的含量比冬虫夏草低。蛹粉的矿质元素含量很丰富,所测各矿质元素含量均明显高于蛹虫草,这一结果与上述灰分含量测定的结果是一致的,尤其是 Fe 含量,与虫草的相比,显得异常的高,正如前面所分析,是蛹的生命活动需要大量的 Fe,蛹对 Fe 的富集作用较强,或是其它什么原因,还有待进一步研究。

研究表明,锌具有多种生物学作用,人体缺 Zn 时会导致免疫力下降、生长发育不良、贫血、视力下降等。由表 6 可以看出,该蛹虫草 Zn 的含量很丰富,高达  $134 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,远高于冬虫夏草 ( $13.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),是一种富 Zn 的生物资源。

表 6 蛹虫草及蛹的矿物质含量

项目	S P K Ca Mg					Fe Zn Cu Mn				
	(g · kg <sup>-1</sup> )					(mg · kg <sup>-1</sup> )				
蛹虫草	3.9	5.6	10.0	0.42	0.98	130	134	1.61	4.93	
蛹粉	4.0	7.5	11.2	1.2	1.7	5 874	181	8.31	115	
冬虫夏草	-	3.8	4.0	16.6	18.1	3 136	13.9	2.80	39.2	

### 3 讨论

在云南昭通地区发现的蛹虫草营养成分丰富,含有  $646.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  蛋白质、 $37.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的粗脂肪、 $54.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的总糖和  $35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  的灰分。该蛹虫草不仅蛋白质含量很高,而且具有较高含量的氨基酸 ( $266.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), 17 种氨基酸中有 7 种为人体必需氨基酸,占总氨基酸含量的 38.82%,是一种优质的蛋白质资源;所测定的 9 种矿质元素中,Zn 的含量很高,达  $134 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,又是一种富 Zn 的生物资源,因此具有较大的开发利用价值。目前,仅对蛹虫草的主要营养成分进行了分析,作为食药真菌,要

评价其食药价值,还须对其药理及毒理作用作进一步的分析研究。

与冬虫夏草相比,两者主要营养成分相似,但含量却有所不同,蛹虫草蛋白质含量和氨基酸总量都远高于冬虫夏草(蛋白质含量  $253.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,氨基酸总量  $184.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ),除谷氨酸、胱氨酸、异亮氨酸外,其余各氨基酸含量也明显高于冬虫夏草;而冬虫夏草粗脂肪含量 ( $84 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ )、总糖含量 ( $289 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 和灰分 ( $41 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) 含量又高于蛹虫草,尤其是总糖含量,是该蛹虫草的 5.32 倍,矿质元素除 P、K 和 Zn 外,其余 Ca、Mg、Fe、Cu、Mn 的含量均比蛹虫草高。可见,蛹虫草和冬虫夏草在营养成分含量上存在明显差异,因此具有不同的利用价值。

虫草资源按其用途可分为 3 类:即药用、食用及微生物杀虫剂<sup>[3]</sup>。作为微生物杀虫剂,该虫草菌对华山松的主要害虫鹰翅桦尺蛾起到了一定的自然控制作用,据 2003 年调查,在危害严重的样方内,蛹虫草也较多,平均  $5.54 \text{ 个} \cdot \text{m}^{-2}$ ,仅以长出子实体的个数计算,其侵染率约为 7%。这一作用提示,如果能通过分离培养,大量获得该虫草菌的无性型,然后人工感染鹰翅桦尺蛾的蛹,不但可以对害虫起到生物防治的作用,而且还可以在来年收获蛹虫草。

### 参考文献:

- [1] 梁宗琦. 蛹虫草无性型 - 蛹草拟青霉的确证 [J]. 食用菌学报, 2001, 8 (4): 28 ~ 32
- [2] 李宏科. 虫草菌资源研究进展 [J]. 世界农业, 1998, 1 (总 225)
- [3] 蒋三俊. 冬虫夏草及蛹虫草寄主昆虫资源 [J]. 特种经济动植物, 2001 (5): 15
- [4] 孙悦迎, 张旭东. 冬虫夏草与蛹虫草特性分析 [J]. 中医药学报, 2002, 30 (2): 43 ~ 44
- [5] 吴畏, 高新华, 崔星明, 等. 北冬虫夏草的研究应用概况 [J]. 上海农业学报, 2000, 16 (增刊): 99 ~ 104
- [6] 郭宏春, 高继全, 习欠云, 等. 冬虫夏草研究进展 [J]. 微生物学杂志, 2003, 23 (1): 50 ~ 55
- [7] 吴少雄, 王保兴, 郭祀远, 等. 云南野生食用干巴菌的营养成分分析 [J]. 现代预防医学, 2005, 32 (11): 1548 ~ 1549
- [8] 李正忠. 花粉、灵芝与珍珠中必需氨基酸的定量测定与分析比较 [J]. 氨基酸杂志, 1988 (4): 41 ~ 43
- [9] 毛根年, 许牡丹. 功能食品生理特性与检测技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005
- [10] 马冰如, 谷恒生. 蚕蛹虫草与冬虫夏草中化学成分的比较 [J]. 中国食用菌, 1994, 13 (1): 34 ~ 37