



SHEN QI DE
CHONG CAO SU

**神 奇 的
虫 草 素**

杜卓凌 单丽萍 沉 正 编著

四川科学技术出版社

神奇的虫草素

杜卓凌 单丽萍 沉正 编著

四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

神奇的虫草素 / 杜卓凌, 单丽萍, 沉正编著. --成都:
四川科学技术出版社, 2016.6

ISBN 978-7-5364-8375-0

I. ①神… II. ①杜… ②单… ③沉… III. ①冬虫夏
草-生物学-研究 IV. ①Q949.327.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第140268号

神奇的虫草素

出品人 钱丹凝
编 著 杜卓凌 单丽萍 沉 正
责任编辑 程佳月 吴晓琳
封面设计 赋鼎传媒
责任出版 欧晓春
出版发行 四川科学技术出版社
成都市槐树街2号 邮政编码 610031
官方微博: <http://e.weibo.com/sckjcbbs>
官方微信公众号: sckjcbbs
传真: 028-87734039

成品尺寸 130mm × 185mm
印 张 3.25 字数56千
印 刷 长沙市开福区兴达印务
版 次 2016年6月第1版
印 次 2016年6月第1次印刷
定 价 12.00元

ISBN 978-7-5364-8375-0

邮购: 四川省成都市槐树街2号 邮政编码: 610031
电话: 028-87734035 电子信箱: SCKJCBS@163.COM

■ 版权所有 翻印必究 ■

作者简介

杜卓凌

本名杜静，美国国籍，教授，博士生导师。是云南大学医学院教授，北京市朝阳区“凤凰计划”海外高层次人才。在美国国家卫生院精神卫生研究所，带领 5 名博士后及 4 名技术人员的团队进行十多年抑郁症、躁狂症及与压力相关的精神疾病治疗的多项课题研究，并多次获奖。发表 SCI 论文近 50 篇。多次组织并主持国际学术会议分会，并发表演讲，多次受邀评审美国科学基金和杂志论文，是美国精神药理学会正式会员。



单丽萍

硕士。现为北京冠瑞金生物科技有限公司科研主管，主要从事虫草、灵芝等保健产品的研究开发工作。参与发表相关领域核心期刊论文多篇，参与申报国家发明专利 5 项。

沉 正

博士生导师。曾任《BioTechniques》杂志编委，是国际科学基金会博士后导师、美国 DNA 植物技术联合公司顾问、美国罗格斯新泽西州立大学分子生物学实验室访问教授、澳大利亚 CSIRO 植物工业部分子生物学实验室访问教授。发表论文 200 余篇，出版专著 5 本。2012 年 10 月至今任北京冠瑞金生物科技有限公司技术顾问。

目 录

第一篇 虫草是虫草素的天然来源.....	1
第二篇 虫草素的功效与其化学结构.....	8
第三篇 虫草素的免疫机制	15
第四篇 虫草素与健康睡眠	21
第五篇 虫草素有助于舒缓抑郁情绪.....	25
第六篇 虫草素对增强记忆和保护神经损伤有益.....	29
第七篇 虫草素有抑癌防癌的辅助治疗作用.....	33
第八篇 虫草素有助于降血脂及保护心脑血管.....	50
第九篇 虫草素有助于降低血糖及糖尿病造成的心肾 损伤.....	54
第十篇 雾霾天易伤肺，虫草素润肺清肺.....	57
第十一篇 虫草素辅助抗慢性炎症以平复哮喘.....	60
第十二篇 虫草素对关节炎的辅助治疗作用.....	63
第十三篇 虫草素对肝脏的保护作用.....	66
第十四篇 虫草素对肾脏的保护作用.....	69

第十五篇 虫草素对生育功能的调节及保护作用.....	72
第十六篇 虫草素作为“天然抗生素”的有益作用.....	76
第十七篇 虫草素对病毒的抵抗作用.....	79
第十八篇 虫草素的抗真菌作用.....	82
第十九篇 虫草素的抗寄生虫作用.....	85
第二十篇 虫草素有助于降低辐射损伤.....	89
第二十一篇 如何选择使用虫草产品.....	92

第一篇 虫草是虫草素的天然来源

世界上最早认识冬虫夏草的国家是中国。有文字记载的历史可以追溯到唐代，那时冬虫夏草就被我们的祖先记入了史册。从现代科学上说，虫草属隶属于真菌界麦角菌科。虫草种类繁多，国际真菌名录数据库 2006 年 5 月列出的虫草种名已达到 505 种，我国现已报道虫草约 120 种。人们通常所说的虫草多指具有广泛药用价值的冬虫夏草（*Cordyceps sinensis*）和蛹虫草（*Cordyceps militaris*）。

冬虫夏草是一种昆虫和真菌共生的生物体。它是由冬虫夏草菌寄生于高山草甸土中的蝙蝠蛾幼虫，使幼虫身躯僵化，并在适宜条件下，夏季由僵虫头端抽生出长棒状的子座而形成，即冬虫夏草菌的子实体与僵虫菌核（幼虫尸体）构成的复合体（图 1-1）。由于冬虫夏草严格的寄生性及特殊的生长地理环境，产量非常有限，价格也十分昂贵。

蛹虫草与冬虫夏草同为虫草属，是与冬虫夏草极为相似的一个种，为虫草属的模式种。与冬虫夏草菌相比，蛹

虫草生长较快，容易人工培养产生子实体。因此，人们将人工培养的蛹虫草子实体或菌丝体作为冬虫夏草的替代品进行开发利用，其主要有效成分并不低于野生虫草，反而比野生虫草更高。2009 年，卫生部批准蛹虫草为新资源食品（卫生部公告 2009 年第 3 号），现已得到广泛应用。

实际上，虫草包括冬虫夏草、蛹虫草及人工培养的虫草菌等。国内外研究证实，冬虫夏草、蛹虫草含有类似的药效成分及营养成分。研究表明：虫草含有磷、钾、镁、锌、硒等 30 种无机元素和蛋白质、氨基酸、糖类、脂肪、挥发油、虫草酸、虫草素、超氧化物歧化酶（SOD）、核苷酸等有机物。此外，尚含有维生素 B₁₂、麦角固醇、六碳糖醇、生物碱等。其中，虫草具有代表性的 5 种主要药理成分为：虫草素、虫草酸、虫草多糖、腺苷和超氧化物歧化酶，它们的主要功能及作用见表 1-1。

研究人员将野生冬虫夏草和人工培养的蛹虫草子实体做了比较（见表 1-2），发现人工培养的蛹虫草中的许多有效成分含量高于野生冬虫夏草或与之相近。并通过大量的药理试验及临床实践证明，人工培养的蛹虫草与野生冬虫夏草对人体有相同或相似的功能。

表 1-1 虫草主要药理成分的功能及作用

有效成分	主要功能及作用
虫草素 (3'-脱氧腺苷)	增加深睡眠时间、舒缓情绪、抗病毒、抗菌、明显抑制肿瘤生长、预防三高引起的并发症、缓解哮喘
虫草酸 (D-甘露醇)	扩张血管, 辅助预防治疗脑血栓、脑溢血、肾衰竭, 利尿
腺苷 (腺嘌呤核苷)	抗病毒, 抗菌, 辅助预防治疗脑血栓、脑溢血, 抑制血小板集聚, 防止血栓形成, 抗衰防皱
虫草多糖	提高免疫力, 延缓衰老, 扶正固本, 保护心脏、肝脏, 抗痉挛
麦角固醇	抗癌、抗衰老、减少体内毒素
超氧化物歧化酶 (SOD)	抗氧化、抗癌、抗衰老、减少体内毒素
硒 (Se)	为国际医学界公认的抗癌元素, 也是主要的抗氧化剂

表 1-2 蛹虫草与冬虫夏草的有效成分对比

虫草种类	有效成分含量					
	虫草素	虫草酸	腺苷	虫草多糖	麦角固醇	SOD
蛹虫草	0.053%	4% ~ 7%	0.078%	4% ~ 10%	1.18 mg/g	40 U/mg
冬虫夏草	0.001%	6.49%	0.015%	10%	1.22 mg/g	15 U/mg

研究发现，虫草素含量的高低决定冬虫夏草的功效。

其实，早在 1950 年，德国科学家坎宁汉（Cunningham）等人就从蛹虫草菌人工培养的滤液中分离得到了虫草素。研究发现，蛹虫草中虫草素含量相对较高，而在野生的冬虫夏草中虫草素的含量相对较低。

虫草素为腺苷（adenosine）的类似物，是由腺苷和具有碳支链的脱氧戊糖组成的一种核苷酸，因此它也被称为 3'-脱氧腺苷（3'-deoxyadenosine），是从真菌中分离出来的第一个脱氧核苷类抗生素。目前，大都从蛹虫草中提取和纯化虫草素。

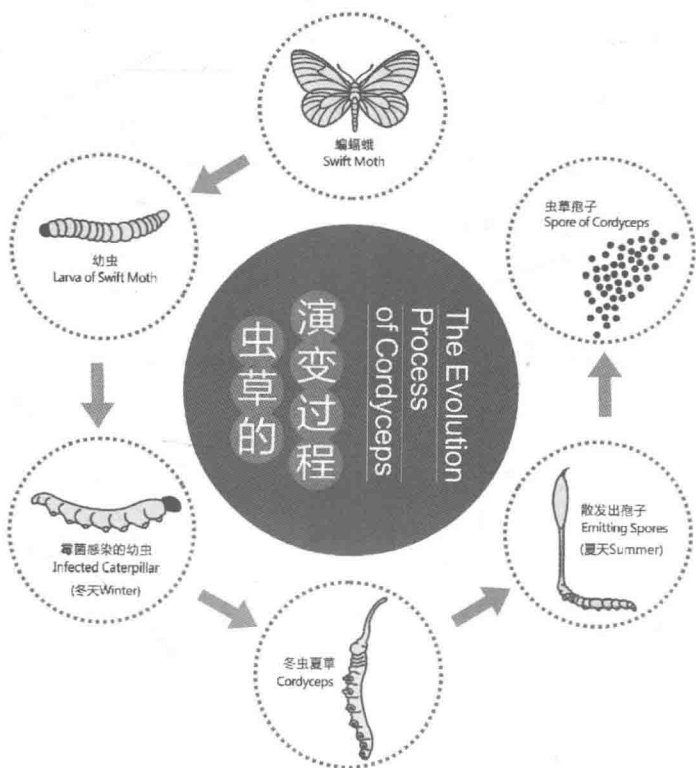


图 1-1 冬虫夏草的诞生

虫草素在体内大部分遵循嘌呤核苷酸代谢途径，纯的虫草素单体在腺苷脱氨酶（ADA）的作用下快速脱氨基而成为无生物活性的代谢产物——3'-脱氧次黄嘌呤核苷，其余小部分则被磷酸化为三磷酸虫草素（可能为虫草素具有生物活性的成分）。纯的虫草素单体的体内代谢阻碍了其生物作用的发挥，也对虫草素的实际应用造成了困难。目前，主要采用以下两种方式以稳定 99% 纯的虫草素结构，延缓其体内代谢：①加上防止脱氨的侧键基团，开发虫草素衍生物。②与腺苷脱氨酶抑制剂联用。但是虫草素在天然的虫草产品中却很稳定：1~2 年虫草素含量不变，而且效果明显。可能是因为它和大分子多糖互相依附的原因。

人工合成虫草素的方法虽然已经有不少研究报道，但由于合成工艺比较复杂，产量较低，产物纯化较难，生产成本高，尚处于探索阶段，未形成工业化生产。目前，虫草尤其是蛹虫草仍然是虫草素的主要来源。

参考文献

- [1] Kirk PM, et al. Dictionary of the Fungi[M]. Wallingford: CABI Publishing , 2001: 1-655.
- [2] 梁宗琦. 中国真菌志（第三十二卷虫草属）[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-190.
- [3] 姜泓, 等. 人工蛹虫草子实体化学成分[J]. 药学学报, 2004, 35(9): 663-668.
- [4] 王刚, 等. 人工蛹虫草化学成分研究[J]. 中草药, 2004, 35(5): 493-495.
- [5] 蒋宁, 等. 虫草菌素研究与开发的现状与前景[J]. 江西农业学报, 2011, 23(1): 121-123.

第二篇 虫草素的功效与其化学结构

虫草素的奥秘就藏在它特殊的化学结构中。虫草素（cordycepin），又称虫草菌素、冬虫夏草素，它的分子式为

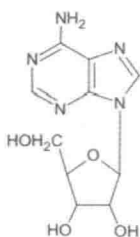


图 2-1 腺苷

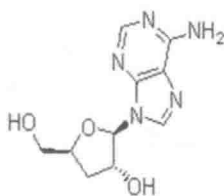


图 2-2 3'-脱氧腺苷

$C_{10}H_{13}N_5O_3$ ，分子量为 251.24，溶于水和热乙醇。天然虫草素的旋光度十分特别，决定了它的功效。合成的虫草素价格比较昂贵，而且旋光度和天然虫草素不完全相同。因此，市面上有生物活性的虫草素多为蛹虫草生物合成而来。

虫草素的化学名为 3'-脱氧腺苷。这就是说：①虫草素的化学结构类似于腺苷，化学结构式如图 2-1、图 2-2 所示。所以，可以和腺苷类受体结合行使其药理功能；②虫草素可被还原成腺苷（所以，它又是强抗氧化剂）；③3'-脱氧腺苷（虫草素）和腺苷一样可以进一步合成腺嘌呤类似物，

从而抑制一些病毒 mRNA 的多聚腺嘌呤 [Poly (A)] 合成起到抑制病毒复制和抑制肿瘤生长的作用。

一、虫草素是腺苷受体的激动剂

腺苷受体大家族包括腺苷受体 A_1 亚型，腺苷受体 A_{2A} 亚型，腺苷受体 A_{2B} 亚型，腺苷受体 A_3 亚型等四个成员。目前有报道虫草素和 A_1 、 A_{2A} 、 A_{2B} 、 A_3 等腺苷受体亚型均可相互作用而产生抗肿瘤、抗炎作用，还有保护肺、肝、肾、心血管、大脑等功效。腺苷和腺苷受体 A_1 和 A_{2A} 亚型具有高亲和力，而对腺苷受体 A_{2B} 和 A_3 亚型则亲和力较低。而虫草素和腺苷受体 A_3 亚型的亲和力较高，这决定了虫草素的抗癌、抗炎功效。因为实体癌细胞和炎症细胞上都有较高的腺苷受体 A_3 亚型。

1. 腺苷受体 A_1 亚型

腺苷受体 A_1 亚型广泛在整个身体内表达，但在大脑中表达的水平最高，特别是在兴奋性神经末端。 A_1 受体通过阻断神经递质释放调节神经元活动和减少燃烧率，保护大脑，调节睡眠，当心肌缺血时也起到保护心肌的作用。

2. 腺苷受体 A_{2A} 亚型

腺苷受体 A_{2A} 亚型在脑的纹状体、脾脏、胸腺、心脏、

肺和血液的白细胞和血小板都有表达。 A_{2A} 受体在大脑中对运动、精神行为、睡眠等方面起到调节作用；在外周组织中， A_{2A} 受体在对炎症、心肌耗氧量、冠状动脉血流量、血管生成、癌症等疾病的控制方面起到一定作用。

3. 腺苷受体 A_{2B} 亚型

腺苷受体 A_{2B} 亚型在体内广泛表达，但表达量较低。在腺苷水平升高的条件下，如缺氧、局部缺血等情况下，有一定的组织保护作用。

4. 腺苷受体 A_3 亚型

在正常组织中，腺苷受体 A_3 亚型主要分布在脑、肺、肝、主动脉、睾丸和心脏部位。腺苷受体 A_3 亚型激活后对于所在组织主要起到保护作用。值得注意的是，虫草素和腺苷受体 A_3 亚型的亲和力较高，大家知道虫草有润肺、养肾、养肝、辅助睡眠、缓解情绪以及保护心血管等保健作用，还有促进男性生殖功能的作用等，在很大程度上和腺苷受体 A_3 亚型在这些区域的分布有关系。

腺苷受体 A_3 亚型在癌症发病组织和炎症组织的表达水平相当高，目前已知 A_3 受体表达较高的癌症有白血病、淋巴瘤、黑色素瘤、结肠癌、乳腺癌、小细胞肺癌、胰腺

癌、肝细胞癌、星形细胞瘤、松果体瘤等。非常有趣的是，虫草素对于这些癌症的抗癌作用，以前早有报道。虫草素可以激活癌细胞上大量的腺苷受体 A_3 亚型，通过调节和细胞凋亡有关的信息通路而起到抑制癌细胞生长和转移的效果。虫草素是天然的癌症靶向性药物，能诱发癌细胞死亡，保护正常组织。同理，大量的腺苷受体 A_3 亚型在炎性组织被虫草素激活，对消除慢性炎症也有一定的效果，这就是虫草素抗肿瘤、抗炎的主要药物机理之一。

二、虫草素是强抗氧化剂

自由基是具有高度化学活性的物质，是生命活动中多种生化反应的中间产物。人的生命活动离不开自由基，但体内自由基过多或清除过慢，则会攻击并损坏生物大分子，如对细胞膜、核酸及机体蛋白质等造成损伤，这也是引起机体衰老的根本原因，同时，也是诱发恶性肿瘤等许多疾病的重要起因。

虫草素即 3'-脱氧腺苷，很容易被氧化还原成腺苷，此过程可以减少组织的自由基，从而保护线粒体的功能。线粒体功能障碍涉及线粒体呼吸酶复合物活性的改变、氧化应激、通透性转换孔开放，从而造成细胞凋亡。线粒体功