

蛹虫草的人工培育历程

付彦凯¹, 冷云伟¹, 曹文化²

(1. 中国矿业大学 化工学院, 江苏 徐州 221116; 2. 徐州恒源生物工程有限公司, 江苏 徐州 221116)

摘要:回顾了蛹虫草人工培育的研究历程,对虫草素的生物合成途径进行总结。对影响蛹虫草子实体生长的一级控制及二级控制因素进行讨论,并针对虫草种植行业今后发展方向提出一些建议。

关键词:蛹虫草;虫草素;一级控制;二级控制

中图分类号:S 453 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2012)04-0178-05

蛹虫草[*Cordyceps militaris* (Linn.) Link]是虫草属的模式种,寄生于鳞翅目昆虫的蛹(或幼虫)上,故因此得名,西方很长时期对其研究致力于病虫害防治^[1-2]。1950年,Cunningham^[3]从蛹虫草培养液中提取获得虫草素(Cordycepin),是被发现的第一种核苷类抗生素,后期又发现其具有抗肿瘤^[4]、免疫调节^[5]等其它生物功能,但虫草素在人体内快速代谢限制了对进一步的研究。20世纪90年代,国外发现添加腺苷脱氨酶(ADA)抑制剂对虫草素抗肿瘤活性的表达起重要作用^[6],解决了其快速代谢的缺陷,虫草素的研究获突破性进展。虽然虫草素首先通过液体培养获得,但该方法目前产量很低,且尚未形成规模化生产。而早从20世纪80年代开始,蛹虫草作为食药两用真菌,已在亚洲国家开始推广种植。采用固体培养基人工培育蛹虫草子实体具有较高的虫草素含量,既可作为保健品进行加工,又可从中提取高附加值的药物,蛹虫草种植行业方兴未艾。

1 蛹虫草人工培育历程

从人们尝试在固体培养基上培育蛹虫草到实现规模栽培,经历了近一个世纪的时间。据现有文献记载,首次人工培育出的虫草品种并非蛹虫草。1911年,Sopp^[7]在低温和光照条件下于人工培养基上成功培育出挪威虫草(*Cordyceps norvegica*)成熟子实体。Sopp工作的意义在于首次报道光照对培育虫草的重要性,但很遗憾该报道在很长时间内被忽略。1932年,Yakusiji和Kumazawa在米饭培养基上成功获得包括蛹虫草在内的三种虫草子实体,Kobayasi^[8]在其著作中对二人的试验进行了详细描述:100 mL三角瓶中加入10 g大米和

25 mL蒸馏水,煮沸2次。从野生虫草子实体上挑取子囊孢子接种,置于温室培养,米粒间隙为菌丝生长提供空间并保持湿润。1周后培养基表面布满菌丝,1个半月后菌丝完全覆盖培养基表面并形成类似内育菌核的结构,4个月后菌丝表面出现隆起并逐渐形成子实体。Yakusiji和Kumazawa首次使用米饭培育出成熟蛹虫草子实体,其后科研人员培育蛹虫草时大多参照该二人的方法,米饭也逐渐成为培育蛹虫草主要使用的培养基。

1936年,Shanor^[9]在不同培养基上培养蛹虫草,未获得子实体;但在人工感染的蛾蛹上获得成熟子实体。1965年,Müller Kögler E^[10]在鸡蛋上培养蛹虫草亦未成功。1968年,Basith等^[11]详细考察了营养条件和环境因素对蛹虫草子实体形成过程的影响,并且得到许多迄今为止种植蛹虫草时仍然在遵守的规律。1990年,陈顺志^[12]在国内首次报道用罐头瓶栽培蛹虫草技术。该方法在国内迅速得到推广,至今仍为人工培育蛹虫草的主要方法。但目前来看,由于罐头瓶瓶栽技术难以实现大规模生产,且生产成本较大,已成为蛹虫草长远发展的瓶颈。目前已出现若干改进技术,如使用聚丙烯塑料瓶代替罐头瓶,或采用袋栽、盆栽方式。

有必要指出的是,蛹虫草是传统中药的说法不妥。蛹虫草在世界各地均有分布,并非我国所特有虫草品种。1957年,徐家忠在吉林地区首次采集到蛹虫草,故在我国蛹虫草又别名北虫草、北冬虫夏草。在此之前,作为传统中药使用的虫草品种只有蝉花(《本草纲目》明·李时珍)和冬虫夏草(《本草纲目拾遗》清·赵学敏)。

2 虫草素

蛹虫草与其它虫草不同之处在于其具有较高的虫草素含量^[13],这也是蛹虫草能够推广种植的原因。虫草素发现于二战后寻找新型抗生素的黄金时期,人们根据被虫草真菌侵染的虫体或蛹体不易腐烂的事实,推测虫草真菌在生长过程中会分泌出抗菌物质。1950年,

第一作者简介:付彦凯(1987-),男,河北保定人,在读硕士,现主要从事微生物资源利用与开发研究工作。E-mail: xiaoruojie@163.com。

收稿日期:2011-11-16

Cunningham等^[3]将野外采集到的一株蛹虫草进行液体表层培养,通过吸附,脱附与结晶,得到一种针状晶体。抑菌试验表明受测试的45株枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)中有43株对该晶体物质敏感,Cunningham将该晶体物质命名为虫草素。

2.1 虫草素结构测定

对虫草素的结构测定前后经历了10余年。1951年,Bentley等^[14]根据光谱数据指出虫草素含腺嘌呤,通过测定证实虫草素为腺苷类似物,推测糖基为带有碳支链的戊糖(图1-A),Bentley将其命名为虫草糖(Cordycepose)。1963年,Kaczka等^[15]通过红外光谱与核磁共振谱数据证实虫草糖实际为3'-脱氧核糖,之后他人实验也相继证明了该结论^[16]。图1-B所示为虫草

素正确结构,即3'-脱氧腺苷。

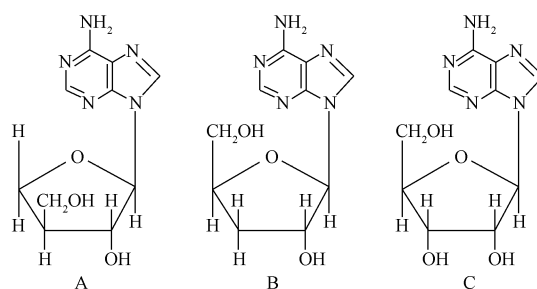


图1 Bentley A测定虫草素结构;Kaczka B测定虫草素正确结构,3'-脱氧核苷;C.腺苷

Fig. 1 A. cordycepin structure proposed by Bentley; B. correct cordycepin structure proposed by Kaczka, 3'-deoxy adenosine; C. the structure of adenine

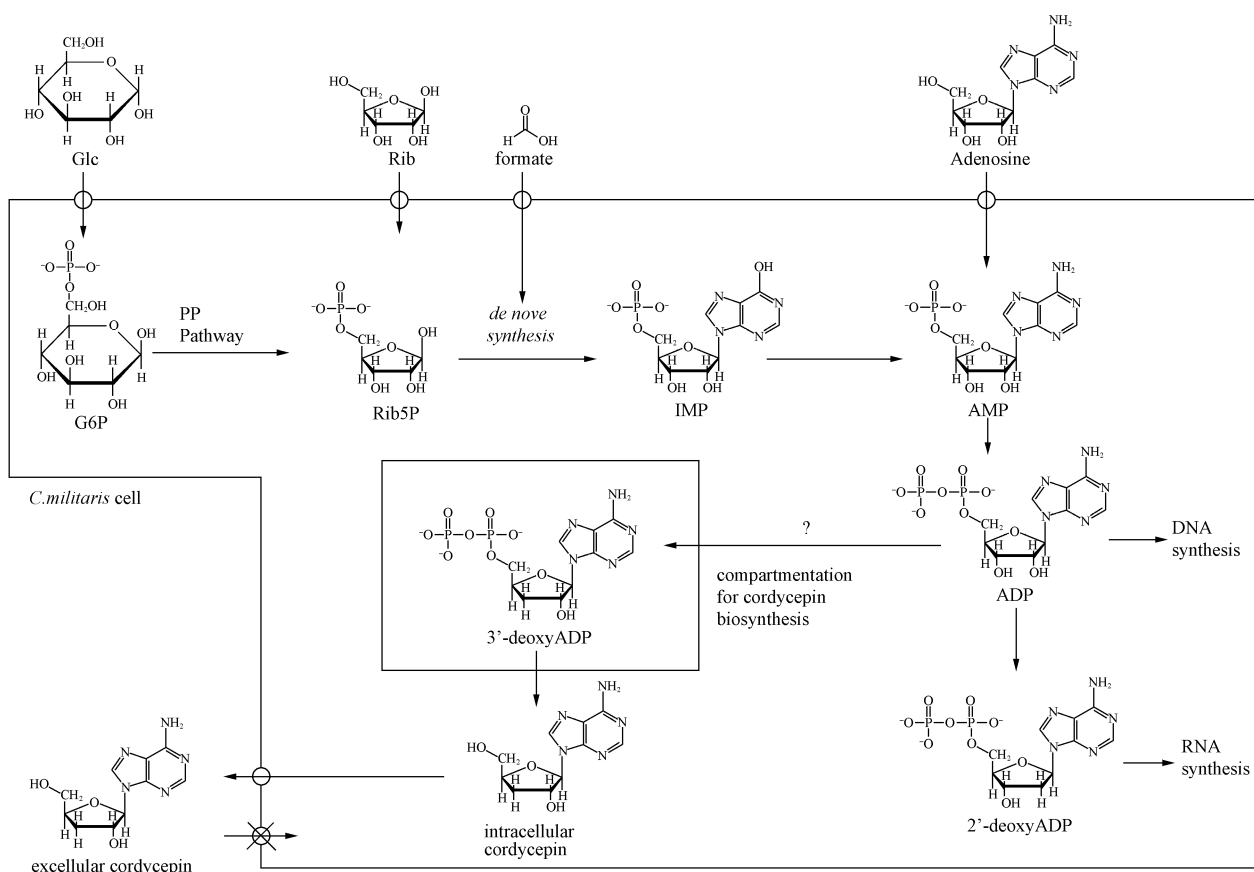


图2 推测虫草素生物合成途径

Fig. 2 Proposed cordycepin biosynthetic pathway

2.2 虫草素生物合成途径

虫草素合成途径的研究主要通过同位素示踪法完成,可归结为3个问题,即虫草糖(3'-脱氧核糖)、糖苷键和腺嘌呤各自怎样合成。1961年,Kredich等^[17]用同位素示踪法研究虫草素合成途径,由于当时测定虫草素结构为图1-A所示,Kredich推测虫草糖通过异戊烯合成途径生成,但试验结果与猜测明显不符。同时Kredich

注意到,1-¹⁴C葡萄糖与6-¹⁴C葡萄糖均可标记腺嘌呤与虫草糖,但6-¹⁴C葡萄糖标记虫草糖的效果是1-¹⁴C葡萄糖的3倍,推测葡萄糖在合成虫草糖的过程中1位碳丢失。现在得知虫草糖实际为3'-脱氧核糖,因此不难推断,虫草糖很可能经过磷酸戊糖途径生成,而该途径代谢产物(如一碳单位)可作为腺苷从头合成的前体物质标记腺嘌呤。1964年,Suhadolnik等^[18]证实人工添加腺

苷可作为合成虫草素的前体物质,且在合成过程中糖苷键不发生断裂。该结论相继被其它试验证实。1969年,Chassy等^[19]指出人工添加腺苷被蛹虫草真菌吸收后被磷酸化,并且观察到人工制备的虫草素5'-三磷酸(3'-deoxyATP)和虫草素5'-一磷酸(3'-deoxyAMP)分别对蛹虫草无细胞提取液中的磷酸核糖焦磷酸激酶(PRPP kinase)和磷酸核糖焦磷酸转酰胺酶有强烈抑制作用;同时根据前人研究结果^[20],Chassy推断虫草素在细胞中的合成过程被隔离开来。1976年,Lennon等^[21]发现人工添加 $3\text{-}^3\text{H}$ 核糖出现在虫草素中,且 ^3H 保留在3位碳上,推测蛹虫草细胞中存在一种类似于生成2'-脱氧核苷的还原机制。另外,Porter(1952年)曾于*Streptomyces alboniger*中分离出嘌呤霉素;Chassy(1975年)从*Helminthosporium* sp. 215中分离出3'-氨基-3'-脱氧腺苷与3'-乙酰氨基-3'-脱氧腺苷,其它核苷类药物的发现亦表明自然界中广泛存在对核糖3'-位碳进行修饰的酶类。虫草素究竟以何种磷酸腺苷(AMP、ADP、ATP)为直接底物生成,目前尚无定论。毛先兵^[22]认为,虫草素通过对ADP的3'-位碳进行还原生成。同时根据5'-磷酸虫草素对蛹虫草自身具有毒性的事实,推断无论底物为哪种磷酸腺苷,5'-磷酸虫草素生成后须脱磷酸化。图2所示为推测虫草素生物合成途径。同位素标记表明葡萄糖、核糖、甲酸和腺苷可作为虫草素合成的前体物质。虫草素合成以磷酸腺苷为直接底物,还原过程被隔离开来,分泌到细胞外的虫草素不再被重新吸收。

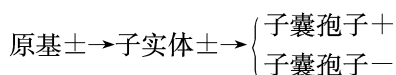
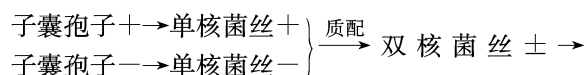
3 影响蛹虫草生长的若干因素

在蛹虫草生长过程中,受到内因和外因影响,能否按正常的发育顺序完成其生活史是受二级控制的,即一级控制和二级控制^[23]。

3.1 一级控制因素

蛹虫草子实体生长的过程实际为完成有性生殖的过程。没有完成一级控制,即营养及环境条件适宜,也无法完成子实体生长发育。

Shrestha等^[24-25]详细研究了蛹虫草子囊单孢子单独培养及两两配对混合培养产子实体情况,结果显示单孢培养时不产生子实体或产生子实体无子囊壳;两两配对混合培养时,部分产生成熟子实体,部分不产生子实体或产生子实体无子囊壳,试验表明蛹虫草具二极异宗配合习性,该结论亦被高新华^[26]用同样方法证实。不同交配型的单核菌丝经过质配形成有结实能力的双核菌丝,双核菌丝扭结形成原基,原基继续生长则成为子实体。蛹虫草生活史可表示如下:



生产用母种主要有2种制备方式,子囊孢子制备和子实体组织分离蛹虫草无性型制备。从上述内容可知,2种方法制备的母种其子实体形成的机制并不完全相同。高新华用子囊单孢子两两配对进行混合培养出草试验,发现不同交配组合产生子实体鲜重差异巨大,且最高产量较亲本菌株高出很多。该结果表明,利用子囊担孢子进行单核菌株交配可以进行菌种改良。

由于子实体组织分离制备的母种多数容易退化,一般母种传代次数不超过3次。梁宗琦^[27-28]发现蛹虫草无性型在培养皿上生长过程中发生角变,且角变株无法形成子实体,并推测蛹虫草无性型为异核体。

3.2 二级控制因素

除一级控制外,其它因素如营养条件与培养环境条件对子实体形成过程存在重大影响。出现不产子实体的情况,不能一概归结为没能满足一级控制要求,有时是由于对二级控制不适应。

3.2.1 营养因素 Basith等^[11]详细考察了营养条件对子实体形成过程的影响,发现采用淀粉或蔗糖做碳源,血红蛋白或干酪素做氮源可生成子实体,同时发现采用小分子量营养物质如葡萄糖与氨基酸时子实体很难生成。Basith等^[11]推测不易被水解的碳氮源可在长时期内向蛹虫草提供低浓度营养物质,该条件有利于子实体生成,这也解释了最初使用大米培养基培育蛹虫草成功的原因。目前国内用于规模栽培的固体培养基以大米培养基为主。虽然只用蒸熟大米即可培育出蛹虫草,为促进其生长,多在营养液中添加适量有机氮源,如蛋白胨、蚕蛹粉、鸡蛋清、豆粉和牛奶等,但氮源过于丰富会造成菌丝徒长。同时应注意选择合适的料水比及蒸料方式,培养基含水量大不易形成子座,一次蒸煮容易出现上干下湿的现象^[12]。

3.2.2 环境因素 温度:Basith等^[11]发现低温(18~22℃)有益子实体生长,23℃时即使施以足够光照强度,子实体仍无法正常生长成熟。当前蛹虫草生产过程中,接种初期为促进菌丝生长,可适当采取较高温度。有些文献^[29]报道在原基形成期可采取昼夜温差处理刺激原基形成,但从其它文献^[24-27]来看,该时期无温差刺激仍可正常形成原基。通气:原基形成期若二氧化碳积累过多,子实体不能正常分化,或出现密度大、子座纤细的畸形虫草。张金艳等^[30]用透气程度不同的材料封口培养瓶,进行蛹虫草培养试验。结果表明,透气程度弱会影响子实体转色;透气程度越高,菌丝体封面所需时间越短,原基形成越早,子实体平均生长速度越快,产量也越高。但现阶段生产过程中多采用聚丙烯塑料膜封口,且为避免染菌在菌丝生长期保持密封状态,等到原基形成

期才做开孔通气处理。光照:Basith 等^[11]考察了光照对子实体形成过程的影响,发现原基形成至少需要 3 尺烛光(foot-candle, 1fc=10.76 lx),子实体生长期大于 90~150 尺烛光有利于子囊壳成熟。高晓梅等^[31]试验亦得到与之相近的结果。大量生产实践表明菌丝体生长期需要黑暗无光条件,在此期间菌丝体呈白色;在原基形成期施以弱光,菌丝体变黄,诱导原基分化;子实体生长具有趋光性,在子实体生长期,子实体产量与光照强度呈正相关作用。同时光照会导致子实体中类胡萝卜素积累,使其呈橙黄色。橙黄光与蓝紫光会促进类胡萝卜素的积累^[32]。光照对子实体中虫草素含量影响的文献报道较少。王菊凤等^[33]研究表明日光灯照射下蛹虫草子实体内虫草素含量与光照强度呈正相关作用,韦会平等^[34]亦曾报道子实体颜色越深,虫草素含量就越高,推测虫草素在虫草子实体内的生物学功能可能与光反应机制有关,并进一步推测液体发酵虫草素产量低与缺乏光照有关。

4 展望

当前国内对蛹虫草人工种植的研究多集中于最佳营养条件与环境因素的选择,应该说在这些方面积累了相当多的经验。但对蛹虫草原基形成机理,菌种退化机制及优质菌种选育方面尚缺乏研究。

对虫草素生物合成途径的研究始于 20 世纪 60 年代,止于 80 年代,其间获得许多重要结论,见前文所述。但是迄今尚未分离出虫草素合成途径中的关键酶类,其生物合成机制尚存在不清楚的地方。提高蛹虫草子实体品质很重要的一个方面就是提高其子实体含量,只有了解其合成途径,才能做到合理调控,有的放矢。

现阶段对于蛹虫草栽培过程仅出台若干地方标准^[35],缺乏行业标准来进行约束。地理环境、成本等客观条件不同导致产品质量参差不齐。虫草市场混乱,缺乏对有效成分虫草素的检测,导致不良产品流入。应尽快建立相关行业生产及检测标准以规范市场。

参考文献

- [1] Belloneik S, Parent N. Toxicity of entomogenous fungus, *Cordyceps militaris*, for culicid larvae [J]. Entomophaga, 1976, 21: 343-347.
- [2] Belloneik S, Gharbi-Said R. Toxicity of *Cordyceps militaris* (Ascomycete) on the cells of *Aedes albopictus* (Diptera) *in vitro* [J]. Entomophaga, 1977, 22: 243-246.
- [3] Cunningham K G, Manson W, Spring F S, et al. Cordycepin, a metabolic product isolated from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) Link [J]. Nature, 1950, 166(4231): 949.
- [4] Jagger D V, Kredich N M, Guarino A J. Inhibition of Ehrlich mouse ascites tumor growth by cordycepin [J]. Cancer Res, 1961, 21: 216-220.
- [5] Zhou X, Luo L, Dressel W, et al. Cordycepin is an immunoregulatory active ingredient of *Cordyceps sinensis* [J]. Am. J. Chin. Med, 2008, 36(5): 967-980.
- [6] Rodman L E, Farnell D R, Coyne J M, et al. Toxicity of cordycepin in combination with the adenosine deaminase inhibitor 2'-deoxycytosine in beagle dogs [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 1997, 147(1): 39-45.
- [7] Sopp O. Untersuchungen über insektenvertigende Pilze bei den letzten Kiefernspinnerepidemien in Norwegen [J]. Skr. VidenskSelsk. Christiania, 1911: 1-56.
- [8] Kobayasi Y. The genus *Cordyceps* and its allies [J]. Science reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, 1941: 204-207.
- [9] Shanor L. The production of mature perithecia of *Cordyceps militaris* (Linn.) link in laboratory culture [J]. J. Elisha Mitchell Sci. Soc, 1936, 52: 99-105.
- [10] Müller Kögler E. *Cordyceps militaris* (Fr.) Link; Beobachtungen und Versuche anlässlich eines Fundes auf *Tipula paludosa* Meig. (Dipt., Tipul.) [J]. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 1964, 55(14): 409-418.
- [11] Basith M, Madelin M. Studies on the production of perithecial stromata by *Cordyceps militaris* in artificial culture [J]. Canadian Journal of Botany, 1968, 46: 473-480.
- [12] 陈顺志, 吴佩杰. 蛹虫草瓶栽技术简介 [J]. 食用菌, 1990(4): 31.
- [13] 杨杰, 陈顺志. 虫草素研究进展 [J]. 中国生化药物杂志, 2008, 29(6): 414-417.
- [14] Bentley H R, Cunningham K G, Spring F S. Cordycepin, a metabolic product from cultures of *Cordyceps militaris* (Linn.) link. Part II. The structure of cordycepin [J]. Journal of the Chemical Society (Resumed), 1951: 2301-2305.
- [15] Kaczka E A, Trenner N R, Arison B, et al. Identification of cordycepin, a metabolite of *Cordyceps militaris*, as 3'-deoxyadenosine [J]. Biochem Biophys Res Commun, 1964, 14: 456-457.
- [16] Suhadolnik R J, Cory J G. Further Evidence for the Biosynthesis of Cordycepin and Proof of the Structure of 3-Deoxyribose [J]. Biochim Biophys Acta, 1964, 91: 661-662.
- [17] Kredich N M, Guarino A J. Studies on the biosynthesis of cordycepin [J]. Biochim Biophys Acta, 1961, 47: 529-534.
- [18] Suhadolnik R, Weinbaum G, Meloche H. The biosynthesis of cordycepin [J]. Journal of the American Chemical Society, 1964, 86(5): 948-949.
- [19] Chassy B M, Suhadolnik R J. Nucleoside antibiotics. IV. Metabolic fate of adenosine and cordycepin by *Cordyceps militaris* during cordycepin biosynthesis [J]. Biochim Biophys Acta, 1969, 182(2): 307-315.
- [20] Berlin R D, Stadtman E R. A possible role of purine nucleotide pyrophosphorylases in the regulation of purine uptake by *Bacillus subtilis* [J]. J. Biol. Chem., 1966, 241(11): 2679-2686.
- [21] Lennon M B, Suhadolnik R J. Biosynthesis of 3'-deoxyadenosine by *Cordyceps militaris*. Mechanism of reduction [J]. Biochim Biophys Acta, 1976, 25(4): 532-536.
- [22] 毛先兵. 深层培养药用真菌蛹虫草生产虫草素的研究 [D]. 上海: 华东理工大学, 2004.
- [23] 徐锦堂. 中国药用真菌学 [M]. 北京: 中国协和医科大学联合出版社, 1997.
- [24] Shrestha B, Kim H K, Sung G H, et al. Bipolar heterothallism, a principal mating system of *Cordyceps militaris in vitro* [J]. Biotechnology and Bioengineering, 2004, 9(6): 440-446.
- [25] Shrestha B, Han S, Lee W, et al. Distribution and *in vitro* Fruiting of *Cordyceps militaris* in Korea [J]. Mycobiology, 2005, 33(4): 178-181.
- [26] 高新华. 蛹虫草 (*Cordyceps militaris*) 的交配型研究 [J]. 食用菌学报, 2008, 15(1): 1-5.
- [27] 梁宗琦. 蛹虫草的无性型及子实体人工培养研究 [J]. 西南农业学报, 1990, 3(2): 1-6.

紫外线辐射对葡萄生长发育的影响

贺艳楠, 张振文

(西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西省葡萄与葡萄酒工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要:概述了紫外线辐射特别是 UV-B 辐射对葡萄节间长度、叶面积以及植株高度等形态特征, 叶片光合特性、叶片抗氧化作用、叶片代谢及果实代谢、果实品质等生理生化变化和葡萄酒质量的影响; 并从前人的研究结果中得出经验并探寻新的突破点, 为葡萄抗辐射胁迫的研究提供条件并为提高酿酒葡萄品质提供依据。

关键词:抗氧化; 葡萄; 代谢; 紫外线

中图分类号:S 663.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)04-0182-04

自从 1985 年发现臭氧层空洞以来, 大气平流层中臭氧层的破坏, 已成为人们最关注的全球环境问题之一^[1]。由此引起的紫外线的增加对植物的影响, 也成为生态学的研究热点。有研究表明, 紫外线辐射到达地表的剂量与大气臭氧浓度有关, 臭氧浓度每减少 1%,

地表的紫外线辐射将增加 2%^[2]。紫外线的增加不仅会导致植物生长发育和生理生化发生一系列的变化^[3], 还会对植物起到胁迫作用^[4], 紫外线辐射会引起活性氧的增加, 使植物产生氧胁迫。而葡萄作为一种世界重要的水果, 以其独特的特性受到了消费者的广泛欢迎。特别是近年来随着酿酒技术的蓬勃发展, 葡萄酒行业也迎来了历史的新纪元。研究葡萄对紫外线辐射的响应可以帮助找到提高葡萄品质、改善酿酒原料的新途径。

1 紫外线辐射对葡萄形态特征的影响

在植物形态特征方面, 由于紫外线的辐射作用, 使得植物形态结构发生改变以应对辐射产生的相关胁迫^[5-10], 在葡萄上, 主要表现为紫外线影响葡萄的节间

第一作者简介:贺艳楠(1987-), 女, 在读硕士, 现主要从事葡萄与葡萄酒研究工作。

责任作者:张振文(1960-), 男, 硕士, 教授, 博士生导师, 现主要从事葡萄与葡萄酒研究工作。

基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-30-zp-9)。

收稿日期:2011-12-19

[28] 梁宗琦. 蛹虫草无性型-蛹草拟青霉的确定[J]. 食用菌学报, 2001, 8(4): 28-32.

[29] 闫静, 周祖法, 袁卫东, 等. 蛹虫草优质高产栽培技术[J]. 杭州农业与科技, 2010(2): 40-41.

[30] 张金艳, 吴坤林, 段俊, 等. 培养瓶透气性对蛹虫草生长的影响[J]. 广东农业科学, 2010, 37(4): 45-47.

[31] 高晓梅, 陈月仍. 光照对人工培养蛹虫草子实体形成和生长的影响[J]. 广东农业科学, 2006(6): 31-32.

[32] 付鸣佳, 王小菁, 黄文芳. 蓝光诱导蛹虫草菌丝类胡萝卜素的积累[J]. 微生物学通报, 2005, 32(5): 24-28.

[33] 王菊凤, 杨道德, 李鹤鸣, 等. 蛹虫草的光温反应及生长发育特性[J]. 山地农业生物学报, 2006, 25(2): 136-140.

[34] 韦会平, 叶小莉, 张华英, 等. 用蛹虫草固体发酵法高效生产虫草素的研究[J]. 中国中药杂志, 2008, 33(19): 2159-2162.

[35] DNB440700/T26-2007. 蛹虫草子实体人工栽培技术规程[S]. 江门: 广东省江门市质量技术监督局, 2007.

Artificial Cultivation Progress of *Cordyceps militaris*

FU Yan-kai¹, LENG Yun-wei¹, CAO Wen-hua²

(1. School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116; 2. Xuzhou Hengyuan Biological Engineering Limited Company, Xuzhou, Jiangsu 221116)

Abstract: The history of research on the stroma production of *Cordyceps militaris* was reviewed and the biosynthetic pathway of cordycepin was summarized. Some of the factors that may affect stroma formation and growth, including first control and secondary control factors were discussed. The author also made some suggestion on the future cordyceps industry development.

Key words: *Cordyceps militaris*; cordycepin; first control; secondary control