

·综 述·

青蒿素的发现与研究进展

卢义钦

(中南大学 湘雅医学院 生物科学与技术学院 生物化学系, 中国湖南 长沙 410013)

摘 要: 1967 年北京《5·23 抗疟计划》付诸实施, 在全国多个研究单位协作下, 组织植物化学与药理学等专业 200 多人, 搜寻对抗耐氯喹恶性疟疾的新药. 他们追索我国历代抗疟方剂, 用约 200 种草药制成 380 多种抽提物, 再筛查其对小鼠疟疾模型的疗效. 最后确定, 在 60 °C 用乙醚萃取中药青蒿的黄花蒿所得第 191 号中性抽提物, 对感染鼠疟和猴疟的小鼠与猴以及 21 例恶性疟、间日疟患者均能奏效. 1972 年 11 月, 从该抽提物分离出相对分子质量 0.282 kD 的无色结晶, 命名为青蒿素. 它属于一种新型的倍半萜内酯. 继后青蒿素纯品的胶囊被用于临床数千例疟疾患者. 2006 年以来, 为克服耐药性, 世界卫生组织(WHO)宣布改用青蒿素的联合疗法 (ACT), 挽救了 80 个国家 100 多万人的生命. 因在发现青蒿素过程中的关键作用, 屠呦呦被授予 2011 年度拉斯克临床医学研究奖. 本文对青蒿素发现的争议, 如何恰当评价其他科学家的贡献, 以及开发植物界以外青蒿素新药源的近况, 均作了简要报道.

关键词: 黄花蒿; 青蒿素及其衍生物; 疟疾; 拉斯克临床医学研究奖

中图分类号: R531.3; R382.3⁺.1; Q949.96

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2012)03-0260-06

The Discovery of Artemisinin and Advances in Related Research

LU Yi-qin

(Faculty of Biochemistry, College of Biological Sciences and Technology, Xiangya School of Medicine, Central South University, Changsha 410013, Hunan, China)

Abstract: 5·23 Beijing Antimalarial Project was conducted in 1967. In collaboration with several domestic research institutes, more than 200 staff members of phytochemistry and pharmacology specialties etc., were organized to search after the new drugs for anti-chloroquine resistant subtertian malaria. The ancient Chinese anti-malarial prescriptions were collected and reviewed. Exceeding 380 extracts were prepared from approximately 200 items of herbs, their therapeutic effects were detected by the models of mouse malaria. The No. 191 neutral extract obtained by ether extraction of *Artemisia annua* L. at 60 °C exhibited distinct curative effects in mice and monkeys infected with malarial parasites as well as in 21 patients with subtertian and tertian malaria. In November of 1972, a colorless crystalline substance with relative molecular mass of 0.282 kD was isolated from No.191 extract, it was named artemisinin and identified to be a new type of sesquiterpene lactone. Since then, the capsulized pure artemisinins were used in treatment on a large scale. 2006 afterwards, WHO announced an artemisinin combination therapy (ACT), with the aim at conquering artemisinin tolerance. ACT has saved more than one million of lives in 80 countries. Owing to her crucial role playing in discovery of artemisinin, Youyou Tu was conferred a 2011 annual Lasker Clinical Medical Research Award. The academic disputes in the discovery of artemisinin, how to properly evaluate the contribution of other scientists, and the recent exploration of its new sources except plant kingdom are briefly reported.

Key words: *Artemisia annua* L; artemisinin and its derivatives; malaria; Lasker Clinical Medical Research Award

(Life Science Research, 2012, 16(3): 260~265)

收稿日期: 2012-04-25; 修回日期: 2012-05-21

作者简介: 卢义钦 (1928-), 男, 湖北宜昌人, 中南大学湘雅医学院教授, 主要从事红细胞膜与红细胞代谢研究, E-mail: yqlu200@yahoo.com.cn.

1964年,越南战争爆发,部队常出没于山间丛林地区,当时恶性疟疾流行猖獗,而且对奎宁及奎诺酮类抗疟药物如氯喹(chloroquine)等普遍出现了耐药性,平民与军队的患病人数猛增,越南政府请求支援.1967年5月23日,5·23抗疟计划办公室在北京成立,统一领导《5·23抗疟计划》的实施,努力搜寻抗疟新药,向耐氯喹的恶性疟疾宣战.

1 青蒿素的发现

1969年1月北京中医研究院加入5·23计划,任命屠呦呦为科研组组长,在全国多个研究单位协作下,组织植物化学与药理学等专业200多人参加,并与中医药工作者密切合作.屠呦呦,女,1930年出生,浙江宁波人,1955年北京医科大学药学院毕业.

1.1 文献的搜集与整理

从追索我国历代抗疟方剂入手,科研组调查了2000种中草药制剂,从中选出可能具抗疟活性的达640种.余亚纲梳理开列了有808个中药的单子,其中有乌头、乌梅、鳖甲、青蒿等^[1].青蒿入药,约在公元前168年,最早见于马王堆3号汉墓出土帛书《五十二病方》的记载^[2].共用约200种国产草药制成380多种抽提物,再筛查它们对小鼠疟疾模型的疗效,但实验不易获得明显结果^[3].军事医学科学院用鼠疟模型筛选了近百个药方,青蒿提取物的抑制率虽达60%~80%,而效力不够稳定^[4].继后,科研组经余亚纲和顾国明复筛,肯定了青蒿的抗疟作用^[5].他们也研究了中药常山,其抗疟作用虽强,但呕吐的副作用亦强而妨碍推广应用^[1].转折点出现在黄花蒿的抽提物.传统中药青蒿包括两个品种:学名黄花蒿(*Artemisia annua* L.)的抽提物能对小鼠疟原虫的生长显示良好的抑制作用;而学名青蒿(*Artemisia apiacea* Hance)则无任何抗疟作用^[3,6].黄花蒿产于北京、山东、四川和云南等地.在继后的实验中,上述结果未能重复,这同中医文献的记载相矛盾.为解开此疑惑,再深入查阅古代医学文献,最后在晋朝葛洪著《肘后备急方》中找到“青蒿一握,以水二升渍,绞取汁,尽服之”的抗疟记录.惯常煎熬中药的高温抽提法已破坏了抗疟的活性组分;温度高于60℃将使青蒿素完全分解.在较低温度下进行青蒿抽提后,获得了很满意的效果^[3,4,6].

1.2 青蒿素的分离、纯化和鉴定^[1,3]

研究组将青蒿的抽提物分成酸性与中性物部分.移除了不具抗疟活性且有害的酸性部分,重点抽提黄花蒿的叶片,使有效成分的产量提高,并能大幅度地降低其毒性^[1].1971年下半年,于190次实验失败后,他们在60℃用乙醚萃取,制成了一种无毒性的第191号中性抽提物^[3].它对感染伯氏疟原虫(*Plasmodium berghei*)小鼠以及感染猴疟原虫(*Plasmodium cyomolgi*)猴的疟原虫血症(parasitemia)显示100%的疗效.此喜讯宣告了青蒿素课题的新突破.研究组将191号中性抽提物最先在全体组员身上试服,确定了其安全性.1972年3月,向“5·23计划”南京会议报告了试服的结果.会后不久,研究组即远赴海南省安排临床试验.在选试的21例疟疾患者中,感染恶性疟或间日疟(subtertian or tertian malaria)者各占半数.经治疗后,患者的发热症状可迅速消失,血中疟原虫的数目锐减;而接受氯喹的对照组患者则无效.

受到临床试验疗效的鼓舞,研究组再回头专攻青蒿素活性组分的分离与纯化.钟裕容等^[1]通过抽提物的层析,1972年11月8日成功分离出一种相对分子质量0.282 kD的无色结晶,测得其分子式为 $C_{15}H_{22}O_5$,熔点156~157℃,即“青蒿素II”,后命名为青蒿素(artemisinin).1972年在得知北京科研组有关青蒿粗提物的信息后,山东寄生虫病研究所与山东省中医药研究所合作,还有云南省药物研究所分别独立进行黄花蒿的提取,亦获得有效抗疟单体,各自命名为“黄花蒿素”(山东)及“黄蒿素”(云南).1974年初,上述两种单体被初步确证与北京的青蒿素属相同的药物^[1].1975年,在中国科学院上海有机化学研究所、北京生物物理研究所协助下,刘静明、周维善等确定了青蒿素的空间结构式.根据光谱数据和X-射线分析以及化学反应,证明它属于一种新型的倍半萜内酯(sesquiterpene lactone)(图1).经碘量法和三苯磷定量法测定,揭示青蒿素分子含有内过氧化物(endoperoxide)基团,此基团为杀灭疟原虫所必需.在常温常压下用钨-碳酸钙催化氢化作用或以碱处理即失去内过氧化物基团.内酯中的羰基,能被硼氢化钠或二异丁基铝氢还原成羟基;以铬酐进行氧化,此羟基又可恢复成羰基.1977和1979年,青蒿素的研究成果正式在《科学通报》与《化学学报》上发表^[7,8].同年青蒿素的新分子及其报

道很快被《化学文摘》收录引用。

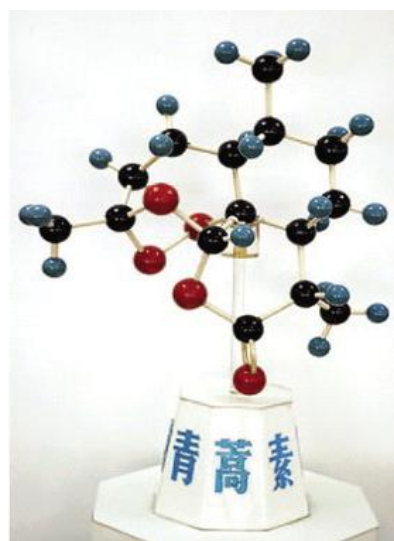
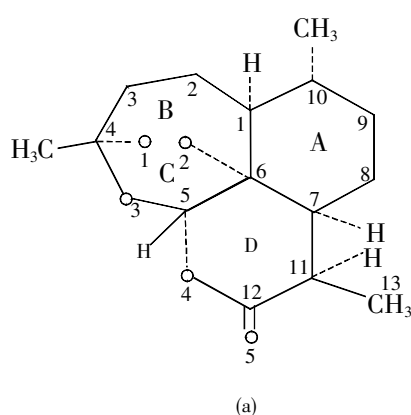


图 1 青蒿素

(a) 青蒿素的分子结构; (b) 青蒿素的三维模型. 以黑色小球表示碳原子, 蓝色与红色小球分别代表氢原子和氧原子^[3].

Fig.1 Artemisinin

(a) Molecular structure of art emisinin; (b) A three-dimensional model of artemisinin. The carbon atoms are denoted by black balls, whereas the hydrogen and oxygen atoms are denoted by blue and red balls, respectively^[3].

以晶体青蒿素治疗 529 例疟疾患者, 充分肯定了其抗疟疗效. 先后共有 20 00 多例患者接受治疗, 其中有些是耐氯喹的恶性疟患者. 特别引人注目的是, 当中医研究院以提制的结晶做临床试验, 结果不够满意且出现毒性副反应时, 广州中医药大学李国桥等采用云南省药物研究所罗泽渊等提供的结晶进行治疗, 确证其对恶性疟尤其对脑型疟有效. 141 例脑型疟患者中共有 131 例被治愈^[1,9]. 在少数患者身上的对比研究提示, 青蒿素的作用较氯喹迅速, 且无毒害性副反应. 1979 年中国国家科学与技术委员会向青蒿素研究组颁发了国家发明证书, 以确认其抗疟疗效.

1.3 将青蒿素的天然分子转化为药物

正如 Goldstein^[10]指出, 生物医学的进展要经历揭示和创新 (revelation and creation) 两阶段. 发现青蒿素后, 还要制成药物开展应用, 即进入创新. 黄花蒿在其雪花期 (alabastrum stage) 的新鲜叶片中含有大量青蒿素. 调查发现, 只有四川西阳县生长的黄花蒿的青蒿素含量最高, 可满足研究组提制的需求^[6]. 最初将青蒿素压制成药片, 患者服用后疗效不彰, 后改剂型为青蒿素纯品的胶囊, 获得了满意的临床疗效.

1981 年 10 月由联合国开发计划署, 世界银行

和世界卫生组织(WHO)共同主办的第四届疟疾化疗研讨会在北京召开. 屠呦呦受邀就“青蒿素的化学研究”作第 1 位发言. 她阐述了青蒿素及其一些化学衍生物的制备和在我国显著疗效, 引起了广泛关注^[11, 12].

2 青蒿素抗疟治疗的进展^[3]

由于青蒿素的速效与低毒性, 它已被 WHO 列为推荐的抗疟新药^[13]. 与以往的抗疟药物不同, 青蒿素抗疟机理的主要作用在通过对疟原虫表膜 2 线粒体功能的干扰, 导致虫体结构的全部瓦解, 而不是借助于干扰疟原虫的叶酸代谢^[2].

1973 年通过青蒿素的化学修饰, 制成了双氢青蒿素 (dihydroartemisinin). 该衍生物较青蒿素更稳定, 且疗效强 10 倍, 可明显降低疟疾的复发率. 向青蒿素分子添加一个羟基, 也为借助酯化作用 (esterification) 以生产青蒿素的新衍生物, 提供了更多契机.

1980 年, 香港罗歇公司远东研究基金会的 Arnold 加入李国桥的计划项目. 两年后, 他们在一本西方的专评杂志上刊载了青蒿素的首次高质量的临床试验结果. 他们还将青蒿素单独同已知抗疟药甲氟喹 (mefloquine) 和 Fansidar (周效磺

胺-乙氨嘧啶或息疟定(sulfadoxine-pyrimethamine)进行随机比较,发现青蒿素能提高疗效而未添加副作用.他们及其他研究者继后报道,青蒿素及其衍生物的栓剂也有疗效.这种剂型对婴儿与丧失知觉的患者尤其重要.

正如几乎每种抗疟新药最初可明显减少疟疾发病率,而后疟原虫又对其产生耐受,于是感染和死亡率再度攀升.例如,不久前在柬埔寨西部突然出现了耐受青蒿素类药物的小块地区.现为避免耐药性,疟疾患者的典型治疗方案是服用两种药,以不同方式攻击疟原虫.

20世纪80年代后期,北京军事医学科学院的科学家们发现^[4],当青蒿素与一种称为苯苄醇(lumefantrine)的奎宁样芳基醇结合后,其药效会显著增强.这两种药的分子靶标(molecular targets)、作用方式和持续时间各异.人血红蛋白一旦被疟原虫摄取并在其消化空泡(digestive vacuole)内降解,所释放的含铁血黄素(heme)能裂解青蒿素的内过氧化物环,从而生成可杀灭疟原虫的活性氧基(reactive oxygen radicals, ROR).苯苄醇还会阻止血红素的解毒作用,使青蒿素的疗效延长.青蒿素衍生物的作用短,而苯苄醇的作用久,两药联合组成作用互补的Coartem.在20世纪80年代末,Coartem在一些亚洲国家试用,证明它无毒性和高效,甚至在多药抗性(MDR)疾病地区,其治愈率竟可高逾96%.

1990年,我国政府与美国Norvartis制药公司签署共同协议,联合从事Coartem的开发、生产与专利申报.2001年,世界卫生组织又与Norvartis公司签约,同意在一些疟疾流行国家的地区分配出售Coartem.以往10多年,Norvartis公司还无偿提供了4亿多次的Coartem治疗^[9].总共约有80个国家的超过100万人获救^[4].

2005年以来,世界卫生组织宣布改用青蒿素的联合疗法(artemisinin combination therapy, ACT),并推荐多种联合治疗,即每种方案包括青蒿素类化合物,配以另1种化学药物^[3].例如,Chawira等^[14]报道,采用青蒿素与传统抗疟药甲氟喹、伯氨喹或抗菌素螺旋霉素、四环素联合治疗感染伯氏疟原虫的小鼠,能引起明显增效的协同作用.近年ACT已被广泛应用,主要挽救了许多非洲儿童的生命,由于它具有抗疟虫孢子体的活性(antigametocyte activity),故能显著减轻疟疾的症状^[3].2009年,青蒿素研究组总结青蒿素的发现史

以及在研究其分子和衍生物过程中所获知识,编写成《青蒿素及青蒿素类药物》一书^[15].

3 开发植物界以外的青蒿素的新药源

青蒿素的药源主要取自野生黄花蒿和人工栽培的黄花蒿,但前者受地理环境与季节限制,而且天然资源逐渐匮乏;后者种植占地大,耗力费时,加以植株易变异,产量不够稳定,因此迫切需要开拓青蒿素的新药源^[2].

3.1 化学合成

1986年,中国科学院上海有机化学研究所许杏祥等^[16]以R(+)-2-香草醛为原料,经13~14个步骤完成了青蒿素的化学合成.近年来,青蒿素分子的全合成研究虽已取得不少进展,但距商品问世尚有待时日.

3.2 生物合成

青蒿素的生物合成包括3条途径^[3]: 1)添加生物合成的前体以提高青蒿素的含量; 2)调控参与青蒿素合成的关键酶活性,或激活该酶的控制基因; 3)采用基因工程技术进行生产.上海有机化学所汪猷、黄敬坚等^[17, 18]探索了由[22-¹⁴C]2MVA(甲基二羟戊酸)为前体合成青蒿酸,继而生物合成青蒿素与青蒿素B的过程.2011年Farhi等^[19]另辟蹊径,成功创建了甲羟戊酸-青蒿素的基因工程途径,从烟草生产青蒿素.

4 对青蒿素发现的争议^[1, 21]

目前争议的主要问题是:屠呦呦可否作为发现青蒿素的代表人物?学术界虽然争论纷纭,但饶毅^[4]强调,在青蒿素的发现历史上有3点应无异议: 1)屠呦呦改进用60℃乙醚抽提,对发现青蒿的抗疟作用和进一步研究均很关键; 2)具体分离纯化青蒿素的钟裕容,是屠呦呦研究小组的成员; 3)其他研究小组是在得知屠呦呦小组发现青蒿粗提取物的高效抗疟作用以后才完成青蒿素的提取,他们获得纯化分子亦晚于钟裕容.一个药物的发现,除确定粗提取物有效外,还要通过提纯、药理、结构分析和临床试验等环节.北京研究小组在前人基础上作出了重要贡献,但也不能忽略其他研究小组与科学家的业绩.例如,北京中医研究院也曾学习山东和云南的青蒿素提取工艺,而当前较广泛使用的蒿甲醚、青蒿琥酯等青蒿素衍生物,则是中国科学院上海药物研究所李英等及广西桂林制药厂刘旭等于1976年后的多年研究成果.

对屠呦呦的贡献为何一直争议不断?有几个原因值得深思^[1]: 1)论文写作不及时,发表不规范; 2)文革的阴影很明显,科技信息不能经常交流,论文多用集体署名,埋下了往后争议的伏笔; 3)屠呦呦的个人性格有一定缺点.她在突出自己作用时未充分肯定其他研究小组与自己小组内其他成员的作用.她在后来的出版物中引用文献时,将他人的名字省略,自己的名字前移.有段时间,她主动与同行交流不够,招人议论.

2011年9月12日,美国阿尔伯特与玛丽拉斯克基金会 (Albert and Mary Lasker Foundation, AMLF) 宣布,药物学家屠呦呦因在发现抗疟新药——青蒿素中的关键作用而获得拉斯克-底巴克临床医学研究奖 (Clinical Medical Research Award)^[4, 9]. 拉斯克奖在科学界享有很高的国际声誉.自1942年设立以来,已有80位率先被授予拉斯克奖的学者继而获得了诺贝尔医学与生理学奖.最近20年,继获得拉斯克奖后再被授予诺贝尔奖的也有28人之多^[20].所以,拉斯克奖被称为诺贝尔奖的风向标.

5 结束语

Strauss 在介绍屠呦呦获 Lasker 奖事迹时曾概括评述^[9]: “她首创了造福千万人的抗疟治疗的新探索,今后还会长久有益于人类社会.她应用现代科技并严格汲取中医师五千年提供的经验,对21世纪作出了卓越贡献”.饶毅于屠呦呦获奖后还恳切指出^[21]: “青蒿素的科学史在今天最大的启示是‘扎实做事’.发现青蒿素的工作不是天才的工作,而是平凡的人通过认真的工作,即使在条件有限的情况下也作出的杰出的成就.青蒿素是通过认认真真、扎扎实实的工作才发现的,这是青蒿素科学史里蕴含的最大的经验教训,也是对今天人们最有价值的告诫,而中国目前的科研风气很缺乏这点”.作为科技工作者,除努力学习先驱者们的敬业实干精神,还要提倡信息交流,切磋协作;勇于争鸣,尊重同行;坚持真理,修正错误;谦虚谨慎,实事求是;将论文发表与成果的推荐、评审规范化.这些就是我们从青蒿素争议中获得的教益和启迪.

参考文献(References):

- [1] 饶毅,黎润红,张大庆.中药的科学研究丰碑[J].科学文化评论 (RAO Yi, LI Run-hong, ZHANG Da-qing. A monumental

- landmark of scientific research in traditional Chinese medicine[J]. Science and Culture Review), 2011, 8(4): 27-44.
- [2] 刘春朝,王玉春,欧阳藩,等.青蒿素研究进展[J].化学进展 (LIU Chun-chao, WANG Yu-chun, OU YANG Fan, *et al.* Advances in artemisinin research[J]. Progress in Chemistry), 1999, 11(1): 41-48.
- [3] TU You-you. The discovery of artemisinin (qinghaosu) and gifts from Chinese medicine[J]. Nature Medicine, 2011, 17 (10): 1217-1220.
- [4] GOLDSTEIN J L. The card players of Caravaggio, Ce'zanne and Mark Twain: tips for getting lucky in high-stakes research[J]. Nature Medicine, 2011, 17(10): 1201-1205.
- [5] 饶毅的个人空间.青蒿作用发现的先后:余亚纲、顾国明和屠呦呦 [EB-OL]. 财经网博客 (PERSONAL COMMENTS FROM RAO Yi. The order of precedence in finding of artemisinin function[EB/OL]. YU Ya-gang, GU Guo-ming, TU You-you. Caijing.com.cn), 2011-12-15.
- [6] 网易新闻.发现者[EB/OL]. (NETEASE NEWS.Discoverer[EB/OL]. No.150), 2011-09-15.
- [7] 青蒿素结构研究协作组.一种新型的倍半萜内酯-青蒿素[J].科学通报 (Collaboration Research Group for Qinghaosu. A novel kind of sesquiterpene lactone-artemisinin[J]. Chinese Science Bulletin), 1977, 22(3): 142.
- [8] 刘静明,倪慕云,周维善,等.青蒿素(Arteannuin)的结构和反应[J].化学学报 (LIU Jing-ming, NI Mu-yun, ZHOU Wei-shan, *et al.* Structure and reaction of qinghaosu(Arteannuin)[J]. Acta Chimica Sinica), 1979, 37(2): 129-141.
- [9] STRAUSS E. Tu Youyou 2011 Lasker DeBakey Clinical Medical Research Award[EB/OL]. AMLF's brief remark of scientific contribution made by Tu Youyou, 2011.
- [10] GOLDSTEIN J L. Creation and revelation: Two different routes to advancement in the biomedical sciences[J]. Nature Medicine, 2007, 13: 1151-1154.
- [11] 青蒿素及其衍生物抗疟药研究协作组.青蒿素的化学研究[J].中医杂志 (Collaboration Research Group on Qinghaosu and its Derivatives as Antimalarials. Chemical studies on qinghaosu (artemisinin) [J]. Journal of Traditional Chinese Medicine), 1982, (2): 3-8.
- [12] 青蒿素及其衍生物抗疟药研究协作组.用青蒿素及其衍生物治疗疟疾的临床研究[J].中医杂志 (Collaboration Research Group on Qinghaosu and its Derivatives as Antimalarials. Clinical studies on the treatment of malaria with qinghaosu and its derivatives[J]. Journal of Traditional Chinese Medicine), 1982, (2): 45-50.
- [13] KLAYMAN D L. Qinghaosu (artemisinin): an antimalarial drug from China[J]. Science, 1985, 228 (4703): 1049-1055.
- [14] CHAWIRA A N, WARHURST D C, ROBINSON B L, *et al.* The effect of combination of qinghaosu (artemisinin) with standard antimalarial drugs in the suppressive treatment of malaria in mice[J]. Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 1987, 81(4): 554-558.
- [15] 屠呦呦.青蒿素及青蒿素类药物[M].北京:化学工业出版社 (TU You-you. Artemisinin and its Derivatives as Antimalarials[M]. Beijing: Publisher of Chemical Industry), 2009.
- [16] XU Xing-xiang, ZHU Jie, HUANG Da-zhong, *et al.* Total synthesis of artemisinin and deoxyartemisinin[J]. Tetrahedron, 1986,

- 42 (3): 819-828.
- [17] 汪猷, 夏志强, 周凤仪, 等. 青蒿素生物合成的研究Ⅲ. 青蒿素和青蒿素 B 生物合成中的关键性中间体青蒿酸[J]. 化学学报(WANG You, XIA Zhi-qiang, ZHOU Feng-yi, *et al.* Studies on the biosynthesis of artemisinin Ⅲ. A key intermediate-arteanuic acid during the biosynthesis of artemisinin and artemisinin B[J]. Acta Chimica Sinica), 1988, 46 (11): 1152-1153.
- [18] 黄敬坚, 周凤仪, 吴莲芬, 等. 青蒿素生物合成的研究 I. 青蒿素体内青蒿酸的生物合成[J]. 化学学报 (HUANG Jing-jian, ZHOU Feng-yi, WU Lian-fen, *et al.* Studies on the biosynthesis of artemisinin I. The *in vivo* biosynthesis of arteannuic acid of artemisia annua[J]. Acta Chimica Sinica), 1990, 48 (3): 275-279.
- [19] FARHI M, MARHEVKA E, BEN-ARI J, *et al.* Generation of the potent anti-malarial drug artemisinin in tobacco[J]. Nature Biotechnol, 2011, 29 (12): 1072-1074.
- [20] 张功耀. 将科学成就的荣誉归功于科学[第一部分] [EB/OL]. 新语丝 (ZHANG Gong-yao. Attributing the honour of scientific achievements to science [Part I] [EB/OL]. XYS), 2011, 1026.
- [21] [转载]专访饶毅: 青蒿素科学史最有价值的告诫. 董志刚 101 的个人博客 [EB/OL]. 科学网 ([Quoted Reprint] A SPECIAL INTERVIEW with RAO Yi: The most valuable advice in the scientific history of artemisinin. Personal blog from DONG Zhi-gang 101, http://blog.sciencenet.cn/u/dongzg_101 [EB/OL]. Sciencenet), 2012-02-15.

《激光生物学报》征稿启事

《激光生物学报》是国家一级期刊,由中华人民共和国新闻出版署、科技部批准创办的,由中国科学技术协会主管,中国遗传学会、湖南师范大学主办,《激光生物学报》杂志社编辑,科学出版社出版,国内外公开发行的专业学术性期刊。逢双月末出版,国内公开刊号为 CN43-1264/Q, 国际标准刊号为 ISSN1007-7146, CODEN:JSXUFX。

本刊一直是中国科技核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)及中国科技论文统计源期刊数据库(CSTPC)全文收录的中文核心期刊,并进入中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库、中国学术期刊综合评价数据库和万方数据资源系统数字化期刊群。本刊一直被作为源期刊收录的重要检索系统还有:美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、中国生物学文摘及其文献数据库、中国物理文献数据库、中文生物医学期刊文献数据库、中国光学与应用光学文摘、美国生科新闻网等;本刊还是德国国家图书馆的固定收藏刊物。

报道内容:主要刊登以人类、动物、植物和微生物为实验对象的激光生物学、激光医学(含光子中医学、光动力疗法、激光整形美容)、生物光子学、放射生物学(含激光育种、辐射育种、空间育种等)、离子束生物工程及其相关的激光生物技术(含微束照射技术、光镊技术、成像技术、光谱技术、共聚焦扫描显微技术、细胞分流技术等)、仪器研制诸领域基础研究和应用研究方面具有原创性的高水平研究论文、专题论述,同时兼登生物物理学、生物化学、遗传学、医学、农学方面的基础研究论文。

本刊欢迎您踊跃投稿!我们会力争在40天内给予审稿意见,稿件一经录用将尽快安排发表。

本刊联系方式:

投稿 E-mail: jgswxb@hunnu.edu.cn

通讯地址:410081 长沙岳麓山:湖南师范大学生命科学学院内《激光生物学报》编辑部

电话及传真:(0731)88872208;网址: <http://www.jgswxb.net>