

- [16] Biosci Rep, 2006, 26(2): 171-181.
- [16] Burke C C, Wildung M R, Croteau R Geranyl diphosphate synthase: cloning, expression, and characterization of this prenyltransferase as a heterodimer [J]. *Proc Natl Acad Sci*, 1999, 96(23): 13062-13067.
- [17] Tholl D, Kish C M, Orlova I, et al. Formation of monoterpenes in *Antirrhinum majus* and *Clarkia breweri* flowers involves heterodimeric geranyl diphosphate synthases [J]. *Plant Cell*, 2004, 16: 977-992.
- [18] Schmidt A, Gershenzon J Cloning and characterization of two different types of geranyl diphosphate synthases from norway spruce (*Picea abies*) [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69: 49-57.
- [19] Lewis M J, Prosser I M, Mohib A, et al. Cloning and characterization of a prenyltransferase from the aphid myzous persicae with potential involvement in alarm pheromone biosynthesis [J]. *Insect Mol Biol*, 2008, 17(4): 437-443.
- [20] 张长波, 孙红霞, 巩中军, 等. 植物萜类化合物的天然合成途径及其相关合酶 [J]. *植物生理学通*, 2007, 43(4): 779-786.
- [21] Kim O T, Bang K H, Jung S J, et al. Molecular characterization of ginseng farnesyl diphosphate synthase gene and its up regulation by methyl jasmonate [J]. *Biol Plant*, 2010, 54(1): 47-53.
- [22] Ali M B, Yu K W, Hahn E J, et al. Methyl jasmonate and salicylic acid elicitation induces ginsenosides accumulation, enzymatic and non enzymatic antioxidant in suspension culture *Panax ginseng* roots in bioreactors [J]. *Plant Cell Rep*, 2006, 25: 613-620.
- [23] Kim O T, Kim S H, Ohyama K, et al. Upregulation of phytoosterol and triterpene biosynthesis in *Centella asiatica* hairy roots overexpressed ginseng farnesyl diphosphate synthase [J]. *Plant Cell Rep*, 2010, 29(4): 403-411.
- [24] 张风侠, 梁新华, 王 俊. 植物三萜皂苷生物合成及关键酶鲨烯合酶的研究进展 [J]. *农业科学*, 2009, 30(3): 64-68.
- [25] Lee M H, Jeong J H, Seo J W, et al. Enhanced triterpene and phytoosterol biosynthesis in *Panax ginseng* over expressing squalene synthase gene [J]. *Plant Cell Physiol*, 2004, 45(8): 976-984.
- [26] Seo J W, Jeong J H, Shin C G, et al. Over expression of squalene synthase in *Eleutherococcus senticosus* increases phytoosterol and triterpene accumulation [J]. *Phytochemistry*, 2005, 66(8): 869-877.
- [27] Choi D W, Jung J, Ha Y I, et al. Analysis of transcripts in methyl jasmonate treated ginseng hairy roots to identify genes involved in the biosynthesis of ginsenosides and other secondary metabolites [J]. *Plant Cell Rep*, 2005, 23(8): 557-566.
- [28] Han J Y, In J G, Kwon Y S, et al. Regulation of ginsenoside and phytoosterol biosynthesis by RNA interferences of squalene epoxidase gene in *Panax ginseng* [J]. *Phytochemistry*, 2010, 71: 36-46.
- [29] Kushiro T, Ohno Y, Shibuya M, et al. *In vitro* conversion of 2,3-oxidosqualene into dammarenediol by *Panax ginseng* microsomes [J]. *Biol Pharm Bull*, 1997, 20(3): 292-294.
- [30] Tansakul P, Shibuya M, Kushiro T, et al. Dammarenediol II synthase, the first dedicated enzyme for ginsenoside biosynthesis, in *Panax ginseng* [J]. *FEBS Lett*, 2006, 580: 5143-5149.
- [31] Kushiro T, Shibuya M, Ebizuka Y. β -Amyrin synthase cloning of oxidosqualene cyclase that catalyzes the formation of the most popular triterpene among higher plants [J]. *Eur J Biochem*, 1998, 256(1): 238-244.
- [32] 赵寿经, 侯春喜, 梁彦龙, 等. 人参皂苷合成相关 β -AS 基因的克隆及其反义植物表达载体的建立 [J]. *中国生物工程杂志*, 2008, 28(4): 74-77.
- [33] Shibuya M, Hoshino M, Katsube Y, et al. Identification of β -amyrin and sophoradiol 24-hydroxylase by expressed sequence tag mining and functional expression assay [J]. *FEBS J*, 2006, 273(5): 948-959.
- [34] 崔玉娜, 张怡轩, 赵余庆. 利用生物转化法制备稀有人参皂苷的研究进展 [J]. *中草药*, 2009, 40(5): 676-680.

霍山石斛的生化特征及光合过程的研究进展

卢荣德, 陶小平, 孙 晴, 任煜轩*

(中国科学技术大学物理学院, 安徽 合肥 230026)

摘要: 考察安徽特产的珍稀中药霍山石斛的生态环境特征, 从不同生化因子对其光合过程的影响, 霍山石斛的药效品质特性, 以及其对光照和温度的需求规律等方面进行系统综述。提出其光合过程智能光声检测的研究思路, 以及霍山石斛生化特征及光合过程最优化检测的研究重点和发展方向。

关键词: 霍山石斛; 光合过程; 生化特征

中图分类号: R283.77

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)11-1917-05

Advances in studies on biochemical characteristics and photosynthesis process of *Dendrobium huoshanense*

LU Rong-de, TAO Xiao-ping, SUN Qing, REN Yuxuan

(School of Physical Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Key words: *Dendrobium huoshanense* C. Z. Tang et S. T. Cheng; photosynthesis process; biochemical characteristics

绿色植物光合作用高效吸能、传能和转能的机制及其调控原理是光合过程研究的核心问题, 是重大的科学关键问题。

光合过程同一般光与物质相互作用的能量关系有许多类同性, 在光声、光热技术发展之初就已应用到光合作用研究中,

①收稿日期: 2010-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60974038)

作者简介: 卢荣德 (1968—), 男, 安徽庐江县人, 副教授, 工学硕士, 研究方向为复杂系统物理机理优化与控制等, 主持国家自然科学基金、省部级科研项目 5 项, 国家级精品课程建设 2 项, 国家级大学物理实验示范中心、国家级教学团队建设 2 项, 校内课题 6 项。

Tel: (0551)3601332 E-mail: lrd@ustc.edu.cn

该技术已成为此领域研究热点。近年来,许多学者开展了生物组织的光声深度分辨和成像研究,特别是对人体或动物组织进行了有价值的尝试。但对植物组织很少涉及,究其原因,一是分辨率和分辨深度;二是受实验条件限制,包括光抑制或光损坏,再加上活体软叶片分析和成像的困难大。现有光声光热理论研究光合作用的方法往往是常规光放氧、光放热测量信号来自于叶片的所有器官和组织贡献^[1],目前仅停留在透过宏观表象对微观的声子与电子作用的机制解析上,而对光放氧、光放热在介观尺度的深层次机制尚待探究。

霍山石斛多分布在 250~1 200 m 的低山区,河边山谷旁的悬崖上,以及阴凉湿润透风的环境中,对生态环境要求严格,且生长极为缓慢,一直是国家重点保护的价值昂贵的紧缺药材,是中药石斛中的上品。从 20 世纪 50 年代开始,许多科技工作者致力于其人工栽培技术研究,该研究仅考虑其栽培的基质、营养条件、栽培模式等,而忽略其特殊生态环境,人工栽培技术尚不成熟^[2]。为此,在研究霍山石斛野生群落的基础上,探讨其生长节律及其与生态因子及药理品质特性的关系,以光合过程的最适化检测为核心,进一步了解霍山石斛生长的生态环境要求,为其人工栽培所需的生态环境提供依据。迄今已有霍山石斛试管苗移栽成功的报道,大棚栽培正待展开,在生产实践中应用还有许多问题尚待解决^[2]。因此,研究霍山石斛生长所需的环境条件及其生化特征迫在眉睫。关于这方面的研究国内外已有探讨^[3-4]。本文主要从特定的生态因子对霍山石斛光合作用的影响,霍山石斛药效品质特性,以及其对光照和温度的需求规律等方面对霍山石斛光合过程最适化检测进行综述,为其规模化生产、温室日光节能生态环境、产量构成及野生环境构建提供参考。

1 生化特征

1.1 特有的生态因子:野生霍山石斛分布地区比较有限,大部分在安徽省六安地区的金寨县、岳西县、舒城县、霍山县等大别山区及湖北阴山,有报道河南豫西亦有分布。主要生长在海拔 200~1 200 m 的崇山峻岭的岩石水旁或树干上,适宜于微风吹拂的西北向、东北角的潮湿阴坡的绝壁上或瀑布飞流的悬崖上,为瀑布落下水潭击起的水雾随风上飘的环境,故有“霍山石斛是风灌大”的俗称(风环境);常与地衣、藓类、蕨类等小的植物群落伴生(伴生环境);附着于悬崖峭壁沙土石的密集须根吸收岩层水分和养料,从云雾缭绕的空气中吸收雾气、露水(水分、营养环境);依靠固有的叶绿素进行光合作用自主地生长在狭隘环境中(光合环境);较耐寒,也较耐旱;冬天在-10℃下未发生冻害现象,在特别干旱情况下,茎上部的腋芽能萌发成幼苗,但怕积水和阳光暴晒(温、湿度环境)。

安徽省安中市长冲药材场模拟野生环境,选择西北及东北向、通风较好的阴坡,用片麻岩碎石子铺成苗床,保持苗床湿度,并伴载藓类和地衣类植物,上面搭遮荫棚。根据其自然生长特点,按“两头稀中间密”原则搭遮荫棚,即春秋季节搭棚要稀,遮荫要少;夏季搭棚要密,遮荫要大。多年来霍山石斛在药材场栽培生长状况较好(野生环境的模拟)。

霍山石斛茎基部有数条不定根,长约 20 cm,有分枝,新根无根毛,根尖端常呈绿色、光滑。概括触苗床后,长出许多白色丝状物紧固于石上。在光学显微镜下观察,白色丝状物是真菌的菌丝。在根的横切面上可见菌丝侵入到根的全部皮层,为内生菌根。从菌根中初步分离出 3 种丝核菌。正是这种菌根共生的特性使其成为营养生长不可或缺的重要因素之一(内生菌根特性)。

一些研究认为^[5-6],霍山石斛是兼性 CAM 植物,温度对其生长的影响较为明显,特殊的光合过程可能是石斛生长缓慢的原因之一。通常最适温度为 20~23℃,最适生长光强为 $2.0 \times 10^3 \sim 2.0 \times 10^4$ lx,最适化相对湿度为 80% 左右。相对湿度、光强与其生长呈负相关,高湿度和高光强抑制石斛的生长。故霍山石斛大棚栽培时应控制空气湿度在一定范围内并最适化调节光强。霍山石斛快速生长期一般在每年的 5~7 月,主要原因是该段时间有其适宜生长的温度、湿度和光照。大棚田间栽培时,可最适化控制栽培的小气候环境来加长其生长时间^[7]。

1.2 特定的药效品质检测:中外学者长期以来对霍山石斛的化学成分进行了大量的研究,化学成分类型包括多糖、生物碱、微量元素、氨基酸、抗癌菲、黄酮类等^[8]。

1.2.1 多糖:多糖具有抗肿瘤、抗衰老、抗辐射等作用,是霍山石斛发挥药理作用的主要成分。一些专家对安徽霍山石斛的叶、根及不同生长年龄茎中可溶性多糖进行了测定^[9],可溶性多糖的分布排列为叶>根>茎,且可溶性多糖在二年生茎中量最高,而三年生茎量有所下降;而且该可溶性多糖一般为非淀粉类中性多糖,通常不含还原糖。近年来石斛多糖的药理活性研究已引起人们的兴趣,罗慧玲等^[10]报道了石斛多糖能增强脐带血和肿瘤病人外周血 LAK 细胞体外杀伤作用。相关研究已证明,石斛多糖能显著降低肾上腺素、四氧嘧啶引起的糖尿病小鼠的血糖水平,提高四氧嘧啶性糖尿病小鼠的葡萄糖耐受量,而对正常小鼠的血糖水平无影响^[11],因此石斛多糖是值得开发利用的一种降糖产品。而石斛多糖与其特定的光合过程有着关联,是值得研究的课题。

1.2.2 生物碱:生物碱类是最早从霍山石斛中得到的化学成分,具有清音明目、养胃清热、止痛、退热、强壮作用,并可解巴比妥中毒,可用于降低心率、血压,减慢呼吸;同时还具有抗菌作用,被认为可能有抗癌功效。霍山石斛含有多种生物碱,如石斛碱、石斛次碱、石斛胺等。对安徽霍山石斛的总生物碱进行研究发现,霍山石斛总生物碱质量分数为 0.029 1%,其各部位生物碱量分布规律为叶>(成熟期)茎~根^[12]。

目前对霍山石斛生物碱的检测多限于提取工艺、定量测定等方面。关于人工培养调控过程中生物碱积累的条件、合成途径及生物碱分离纯化与检测鉴定,以及与生态环境关系的研究尚未多见。

1.2.3 微量元素:微量元素与霍山石斛药用功效有着特殊的联系。从霍山石斛根、茎、叶 3 个部位来看,所含的微量元素种类及量均有差别,几乎各种元素的量在茎中最低,Fe、Al、V、Cr、Zn、Ni、P 在根中较高,B、Ca、Mg、K、Mn、Sr、Ba 在

叶中最高。研究还表明^[13], 霍山石斛中 Ca、Mg、K 量较高, P 较低, 几乎含所有的人体必需元素, 其中 Zn、Cu、Fe、Mn、Sr 量较高, 与其内生菌根吸收和伴生环境存在一定的联系, 值得研究者探索和研究。

1.2.4 氨基酸: 游离氨基酸也是霍山石斛中主要有效成分之一。研究发现, 霍山石斛中含人体必需的 7 种氨基酸, 根中胱氨酸的量高于其他部位, 三年生茎中精氨酸量高达 2.01 mg/g; 不同生长期及不同部位中游离氨基酸总量是不同的, 一年生茎中游离氨基酸量最高。

1.2.5 其他: 小气候造化的霍山石斛是传说中的“四大仙草”, 具有起死回生、医治百病的传奇功效。经过实验发现这可能与其含有较多种类化学成分有关。其中所含的菲醌类、联苯类和茛菪类化合物结构中含有很多酚羟基官能团, 因此推测石斛具有清除自由基能力可能与这些化合物有关。具体的作用机制有待进一步研究。

2 光合过程

2.1 光合作用特点: 霍山石斛生长与所有植物一样, 物质基础来自光合作用合成的碳水化合物, 其光合过程与生长速度有着密切的联系。光合过程同一般光与物质相互作用的能量关系有许多类同性。霍山石斛光合作用在景天酸代谢 (cras sulacean acid metabolism, CAM) 途径与 C_3 途径间变化, 有的兼性 CAM 植物在几个小时内即可完成光合途径的转变。其光呼吸和暗呼吸相等, 两者共占 1/2 总光合, 而一般植物的呼吸占总光合的 1/10 ~ 1/20。可见, 其同化物被呼吸消耗较多, 影响积累, 因而生长慢, 生物产量低, 这也许是其净化光合速率低的主要原因。再者, 从其生长的潮湿、背光的野生环境来看, 霍山石斛对光的需求是长期系统发育的必然, 属阴性植物对光的反应。这种低光照需求也是造成光合作用效率低的原因之一。

2.2 光合过程检测实验: 检测项目有栽培林下与自然光下叶片的光合速率 (P_n) 和叶绿素荧光参数的日变化、不同光强处理时叶片光合特性及其对光强的响应^[15-16]。栽培林下, P_n 日变化与光强日变化呈显著正相关, 即使下午当光强略增时, P_n 都会上升, 表明栽培林下光强不是石斛生长的最适光强, 这可能是石斛生长速度慢的原因之一。结果表明, 自然光下, 石斛 P_n 日变化与光强日变化趋呈 V 形。上午随着光强的增加 P_n 下降, 到 10:00 光强大于 800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, P_n 为负值, 气孔导度也同时降低, 但夜间和白天都能吸收 CO_2 , 所以胞间 CO_2 浓度仍维持较高水平, 可见其对光的需求很低。

检测霍山石斛叶片的光化学效率 (F_v/F_m) PS II 光量子效率 ($\Phi\text{PS II}$) 日变化为, 在 6:00 最高, 随光强升高而下降, 到 14:00 最低, 后有缓慢上升, 但仍未恢复到开始水平。将 F_v/F_m 、 $\Phi\text{PS II}$ 的下降作为植物遭受光抑制的重要特征, 说明其在自然光下, 当光强大于 740 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 受光抑制严重^[17]。检测霍山石斛 P_n 对光强的响应可知: 霍山石斛对光强的要求不高, 光饱和点、补偿点较低, 饱和光强下的净光合速率 (P_{max}) 和弱光下的表观量子效率 (AQY) 都较低, 属

阴生植物对光强的响应。霍山石斛室内光强处理实验表明: 低光强时, 随处理光强的增加其叶片的 P_{max} 上升, 在 475 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光强时最大, 后又有所下降。叶片吸收的光能用于化学反应的组分在低光强下较高, 随光强的增加而降低; 叶片吸收的光能用于热耗散组分则相反。

2.3 优化其光合过程, 探寻光合环境与其生态因子的关系: 霍山石斛叶片 F_v/F_m 、PS II 非循环式电子传递的 $\Phi\text{PS II}$ 的光化学猝灭系数 (q_p) 均随处理光强的增加而减少, 光强的增加导致了石斛 PS II 光化学活性下调。这些变化说明, 霍山石斛生长光强一般为 38 ~ 380 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 在大于 740 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 强光下受到严重光抑制。霍山石斛光合色素吸收高峰在 430 和 663 nm, 而 430 nm 处吸收峰比 663 nm 处高, 说明其吸收短波光较多。其所含的叶绿素 b 的量略高于一般植物, 叶绿素 a 与 b 的比值低于 3:1, 有利于叶片对蓝紫光的吸收, 这与其生长于高山、半阴多散射光、蓝紫光的生态环境相适应, 也充分表现了阴性植物的特性^[17]。

霍山石斛人工栽培或进行工厂化生产时, 应选择 500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 左右的光照强度, 最好采用散射光, 空气相对湿度维持在 80% ~ 90%, 温度控制为 25 $^{\circ}\text{C}$ 左右, 透光条件良好的生态条件较适宜。霍山石斛的小气候环境最优化检测并不简单: ①各种环境因子不是独立地对其生长发育起作用, 而是诸多因子综合作用的结果; ②环境控制成本问题; ③最大产量并不意味着最高品质; ④环境检测与控制存在报酬递减的规律。以光合过程最优化检测为核心, 深入探寻霍山石斛生长的生态需求规律, 为其人工栽培提供参考。

3 光合过程智能光声检测

可拓论是蔡文于 1983 年创立的理论^[17], 采用物元模型描述霍山石斛光合微观动力学过程检测系统, 可进行量变和质变的综合分析。可同时研究质和量两者对问题的影响程度, 使测量者能对霍山石斛光合微观动力学过程参数的特征、量值进行全能性与全息化表达。对霍山石斛光合过程系列参数测量中可测量物理量称为可测物元; 希望获得但无法直接测量物理量称为期望物元。通过物元变换找出期望物元与可测物元之间的关系, 间接地获得期望物元量值^[17]。从而解决其光合过程检测的两个问题: (1) 实现对光合过程中无法检测的微观动力过程参数的常规手段的测量; (2) 提高检测的微观动力过程参数精度, 从而在提高霍山石斛成活率和生长速率的同时, 品质能保持或有所提升。

霍山石斛的发育首先最为重要的是光合作用自养功能的激发与调控, 即与光合作用的小气候环境的调控是实现自养快繁的关键技术环节。根据其光合作用的特殊性, 可采用亚表面脉冲光声智能探测和最优化控制其正常发育生长小气候环境方案。可分步进行: 第一步, 模拟热释放过程, 改变入射光脉冲频率, 可拓检测不同热扩散长度的 PAS; 第二步, 模拟霍山石斛的氧释放过程, 测量同一频率不同相位角的相位解析光声谱 (PRPAS); 第三步, 活体霍山石斛材料亚表面定位、扫描、分析, 形成活体石斛材料光合效率全能性与全息性表达的模型, 由图 1 所示 5 个层次和环节构成。

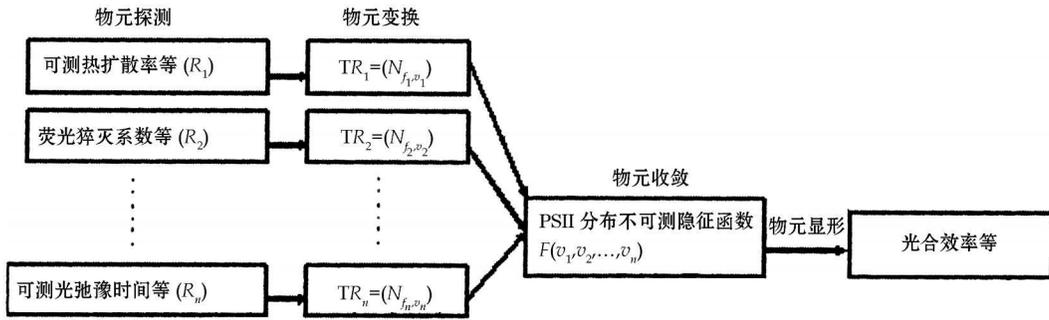


图 1 霍山石斛光合过程隐形测控光合效率功能模型

Fig. 1 Function model about invisible observation and control on photosynthetic efficiency in photosynthesis process of *D. huoshanense*

在此基础上,建立全能性和全息性的检测模型与最优化生态因子控制模型;将其生长模式、特有品质因素与其相互配合,开发出最优化小气候环境检测的软件系统。霍山石斛还可利用可见光中限定波长,如光合成反应的红色光,强光反应的蓝色光、红色光和近红外光等。调光生态膜采用有机共轭分子分散到二维线性分子中,使有机共轭分子从生色团变为生荧团,能吸收太阳光中的紫外光和绿光,而产生叶绿素 *a*、*b* 所需要的蓝光和红光,可大大增加叶绿素 *a*、*b* 可吸收的光子数,从而加速霍山石斛光合作用,促进其生长。制备 LED 补光仪可集中特定波长光均衡地照射活体霍山石斛材料,调控其光吸收效率;离子发生器能控制株高和石斛的营养成分。冷光源 LED 可置于活体霍山石斛很近地方,光的利用率很高,可最优化检测立体组合栽培的霍山石斛生长。

4 生化特征和光合过程检测的研究重点与发展方向

近年来,对霍山石斛进行组织培养的研究较多,特别是种子萌发、试管苗生长(如何选用外植体、培养基、激素、温度、光强、pH 值、外源添加物等)等方面已取得一定突破。目前霍山石斛人工培养的关键问题是解决试管苗向大棚中移栽问题。其对生存条件的要求极为苛刻,这方面已成为探索性焦点。而国外则在分子生物学方面研究较多,如对霍山石斛体内某些重要的酶进行克隆与功能性分析,已获得转基因石斛等^[18-21]。在野生植物资源遭到严重破坏的今天,霍山石斛生化特征及光合过程的最优化检测的研究势在必行,今后研究的重点应该集中在以下几个领域:

4.1 发展新的细胞培养检测方法:改进霍山石斛细胞系选择的检测方法,发展新的检测方法以提高大规模培养效益,深入研究霍山石斛细胞中次生物质代谢和调节方式,使该细胞培养检测方法发展成为霍山石斛工厂化生产的实用技术。

4.2 活性成分合成途径的探测:加强对霍山石斛活性成分合成途径的探测性研究,对活性成分的结构修饰和改造,特别是纳米生化等生化技术在合成方面的应用必将具有很好的前景。

光镊技术特别适用于对活体植物微粒(如细胞、细胞器以及生物大分子等)的操控和研究。它对植物微粒的生命活动干扰极小,整个操作体系涉及的霍山石斛光合作用过程中自由基的生存环境几乎等同于“天然”环境,其光合过程的变化得以完整保留,并“实时动态”展现给研究者。从而其生化

过程是可控的,对它们个体行为的研究真正从“观测”上升到“科学实验”,因而是研究活体霍山石斛在光合过程中的行为的理想手段。中国科学技术大学激光生物实验室已研制了纳米光镊实验系统,并开展纳米生物化学的研究^[22]。国内还有中国科学院北京物理所等也在开展该方向的研究;越来越多的高等院校和研究机构,包括北京大学、清华大学、天津大学等,已经投入这一充满希望的领域。

4.3 活性成分和药效品质:注意活性成分和药理研究的紧密结合,在进一步提取分离新的天然活性成分、研究已知化合物新的药理作用的基础上,探索特有的生化成分作用机制与疗效关系及与大规模培养体系的特定生态因子关系将是今后进一步研究的方向。

4.4 转基因工程:该方面研究国内起步较晚,已有进展和部分突破性工作,主要是尽快找到合适的基因转化的载体、克隆有效成分的功能基因等。陈乃富等运用现代“克隆”技术检测霍山石斛种苗已取得了新突破,过去移植到何云峙及其何祥林种植基地的种苗,成活率较低,现已明显提高,供苗数量不断增加,全年可达 100 万株。这方面研究还有很大发展空间。

4.5 生化特征的智能检测:在研究野生群落的基础上,采用光声光谱进行检测,阐明光反应中心的微动力学机制与生化因子的关系,采用计算机优化调控其生化因子,探寻人工规模化生产的生化环境与其特定药效品质影响关系。

考虑到霍山石斛吸收光能后光合放氧和光化学过程是同时在叶绿体内进行的。若将脉冲光声定位在特定区域并实现氧信号和热信号分离,进行光化学过程的耦合作用识别,然后通过测定氧信号来对活体石斛进行亚表面检测和深度分辨将是一条新的研究途径。实际工程背景下亚表面智能检测光声光谱可最优化检测霍山石斛光合作用原初过程,为其快速成苗、高效栽培体系提供实验理论依据。

5 结语

检测霍山石斛光合作用的过程中出现了许多新的现象需要相关微观机制的解释,如光放热信号与叶绿素荧光的能量淬灭之间的关系;光放氧信号中出现的峰值信号产生的机制;气体吸收信号到底是 O₂ 吸收,还是 CO₂ 的快速溶解;检测到的反应中心在原初光化学反应过程中体积变化所发生的时间和大小等。这些现象有的已得到初步结论,有的还在

探索过程中, 对于其生化特征及光合过程的宏观表现与介观机制的关系有待于进一步探讨。

光声光热技术是一项非常方便地获得叶片内部不同层次组织的光吸收光谱的检测技术。光声信号由气体释放信号和光放热信号组成, 由于叶片样品深层比表层的信号滞后, 即表现为相位的滞后, 不同层次深度信号滞后的时间和相位不同, 因而可应用改变频率和相位来分辨出不同层次的光声信号。本课题组利用自制的光声光谱仪对霍山石斛的叶片及花瓣进行了不同层次和深度的光声扫描, 获得它们的不同层次组织的光吸收特性, 并研究不同层次组织的光吸收特征与色素量分布之间的定量关系。

用于霍山石斛生化特征及光合过程光谱成像检测, 可改善接收信号的信噪比; 所得图像的对比度取决于目标周围的光学、声学及热学参数等, 图像的分辨率会大大提高。其成像检测可根据其光谱选取合适的光波长, 实现功能成像, 对霍山石斛生化特征系统的研究有重要意义; 对深层组织和一些特殊生化因子的检测也有巨大应用潜力。目前本课题组有两个小组正在开展此项研究, 并已取得一些可喜的进展。

光镊是目前对微量量级粒子进行操控的唯一有效可行的手段, 其发展使人们较详细地了解在复杂的野生植物系统中(如霍山石斛生化系统), 特定分子的运动机制成为可能。光镊技术正在由单光束梯度力光阱向多光镊及阱位可控的复杂光镊的不断发展过程中。全息光镊作为一种产生多光阱或新型光学势阱的方法脱颖而出^[22]。全息光镊原则上可以产生任意形状、大小、数量的光阱, 通过改变捕获光的相位分布, 可以使捕获粒子在光阱中按设定的路线运动, 为实现光镊分选活体植物粒子提供更加方便的工具。设计出满足实际需要的性能优越的全息光镊, 将为霍山石斛生化特征及光合过程检测提供更多有价值的信息。

参考文献:

[1] Bukhov N G, Samson G, Carpentier R. No photosynthetic reduction of the intersystem electron transport chain of chloroplasts following heats tress [J]. *Photochem Photobiol*, 2000, 72(3): 351-357.

[2] 张 智, 翟立业. 霍山石斛营养器官的解剖结构 [J]. 安徽农业大学学报, 1995, 2(3): 301-304

[3] 赵天榜, 陈志秀, 杨献国, 等. 河南石斛属植物资源的开发利用研究 [J]. 地域研究与开发, 1994, 13(2): 59-61

[4] 曾宋君, 程式君, 张京丽, 等. 五种石斛兰的培养及其快速繁殖研究 [J]. 1998, 25(1): 75-80

[5] 苏文华, 张光飞. 金钗石斛光合作用特征的初步研究 [J]. 中药材, 2003, 26(3): 157-159

[6] 苏文华, 张光飞. 铁皮石斛叶片光合作用的碳代谢途径 [J]. 植物生态学报, 2003, 27(5): 631-637

[7] 蔡永萍, 李合生, 骆炳山, 等. 霍山 3 种石斛的生长节律及其与生态因子关系的研究 [J]. 武汉植物研究, 2003, 21(4): 351-355

[8] 吕素芳, 郭广君, 蔡永萍. 霍山石斛生理生化性质的研究进展 [J]. 中草药, 2006, 37(5): 790-793

[9] 于力文, 蔡永萍, 张鹤英, 等. 安徽霍山 3 种石斛营养成分分析及其分布规律 [J]. 安徽农业科学, 1996, 24(4): 369-370

[10] 罗慧玲, 蔡体育, 陈巧伦, 等. 石斛多糖增强脐带血和肿瘤病人外周血 LAK 细胞体外杀伤作用的研究 [J]. 2000, 19(12): 1124-1126

[11] 陈云龙, 何国庆, 张 铭, 等. 细茎石斛多糖的降血糖活性作用 [J]. 浙江大学学报: 理学版, 2003, 30(6): 693-696

[12] 丁亚平, 杨道麒, 吴庆生, 等. 安徽霍山三种石斛总生物碱的测定及其分布规律研究 [J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(4): 503-506.

[13] 丁亚平, 吴庆生, 杨道麒, 等. 霍山石斛不同部位中必需微量元素与必需氨基酸和相关必研究 [J]. 安徽农业科学, 1994, 22(3): 265-267.

[14] 吴庆生, 丁亚平, 杨道麒, 等. 安徽霍山三种石斛中游离氨基酸分析 [J]. 安徽农业科学, 1995, 23(3): 268-271.

[15] 蔡永萍, 李 玲, 李合生, 等. 霍山石斛叶片光合速率和叶绿素荧光参数的日变化 [J]. 园艺学报, 2004, 31(6): 778-783

[16] 蔡永萍, 李 玲, 李合生, 等. 霍山 3 种石斛叶片光合特性及其对光强的响应 [J]. 中草药, 2005, 36(4): 586-590.

[17] Lu R D, Cheng Z H. Matter element modeling of parallel structure and application about extension PID control system [J]. *J Syst Sci Complex*, 2006, 19(1): 227-235

[18] Wang Y. Molecular cloning and expression analysis of a Cytokinin Oxidase (DhCKX) gene in *Dendrobium huoshanense* [J]. *Mol Biol Rep*, 2009, 36: 1331-1338

[19] Shu H Y, Hao Y, Goc C J. Functional characterization of a cytokine in oxidase gene *DSCKX*. in *Dendrobium orchid* [J]. *Plant Molec Biol*, 2003, 51(2): 237-248

[20] Chen C, Chen Y C, Hsu Y H, et al. Transgenic resistance to *Cymbidium mosaic virus* in *Dendrobium* expressing the viral capsid proteingene [J]. *Transg Res*, 2005, 14(1): 41-46.

[21] Tee C S, Maziah M. Optimization of biolistic bombardment parameters for *Dendrobium sonia* 17 calluses using GFP and GUS as the reporter system [J]. *Plant Cell Tiss Org Cult*, 2005, 880(1): 77-89

[22] 任煜轩, 周金华, 吴建光, 等. 全息光镊家族中极具活力的成员 [J]. 激光与光电子学进展, 2008, 45(11): 35-40

桑中 1-脱氧野尻霉素及其衍生物的研究进展

李平平^{1,2}, 廖森泰^{1*}, 刘吉平², 邹宇晓^{1*}

(1 广东省农科院蚕业与农产品加工研究所, 广东 广州 510610; 2 华南农业大学动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘 要: 桑树中 1-脱氧野尻霉素(1-deoxynojirimycin, DNJ)及其衍生物是一类多羟基生物碱, 由于其在化学结构上与 α -1, 4 葡萄糖类似而显示出降血糖、抗病毒和抗肿瘤转移等多种药理活性。因该类化合物结构新颖且在桑树中量丰富, 其相关的化学和药理作用研究已成为目前桑树资源药用价值研究的一个重要方向。对 DNJ 及其衍生物的结构、检测提取方法、生物活性评价研究进展进行综述, 并提出了 DNJ 及其衍生物研究的发展趋势。

①收稿日期: 2010-04-23

基金项目: 广东省自然科学基金团队项目(粤科基字[2009]2号); 广东省科技计划项目(2008A030101001)

作者简介: 李平平(1986—), 男, 在读硕士生。E-mail: liping_1200@163.com

* 通讯作者 廖森泰 E-mail: liaost@163.com