

陈淑钦,陈清西. 铁皮石斛栽培及光合特性研究进展[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):262-264.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.07.091

# 铁皮石斛栽培及光合特性研究进展

陈淑钦,陈清西

(福建农林大学园艺学院,福建福州 350002)

**摘要:**铁皮石斛的生长受到温度、光照度、水分等环境因子以及栽培模式、种植品种、内生菌等因素的影响。主要阐述了不同生境条件下,铁皮石斛光合特性及有效成分的积累情况。结果表明,铁皮石斛最适合生长的环境温度为 20~30℃,相对湿度为 80%~90%,喜弱光,不同生长阶段所需光照度有差异。今后应系统研究环境因子和栽培方式对铁皮石斛质量、产量的影响,深入分析铁皮石斛与内生菌的共生关系,重视品种筛选,为生产优质、高产的铁皮石斛提供依据。

**关键词:**铁皮石斛;环境因子;光合特性;栽培

**中图分类号:**S567.23+9.04 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)07-0262-03

铁皮石斛(*Dendrobium officinale*)别称黑节草,为兰科石斛属植物,是多年生附生草本,因其表皮呈铁绿色而得名。铁皮石斛茎中富含多糖、黄酮、氨基酸等多种生理活性成分,具有抗肿瘤、提高人体免疫力、生津益胃、延年益寿等重要的药用功效,名列“中华九大仙草”之首<sup>[1]</sup>。我国野生铁皮石斛主要分布在浙江、福建、广东、云南、湖南、贵州等地。铁皮石斛作为一种名贵的传统中药材和保健品,经济价值较高,市场需求量大,但由于铁皮石斛对生境条件要求较为严格,生长速度慢,产量低,加上过度采收导致数量锐减,已被国家列入《国家重点保护野生药材物种目录》。过去对铁皮石斛的研究多集中于功能成分的提取工艺优化及组培快繁基质配方等方面;近年来,逐渐重视铁皮石斛的栽培环境条件,并对不同环境条件下铁皮石斛的生长特性开展研究。

## 1 环境因子对铁皮石斛生长的影响

环境因子主要通过影响植物的光合作用从而对植株的生长造成影响。光合作用是生物界所有物质代谢和能量代谢的物质基础,是判断植物生长情况的重要指标,而光、温、水、气是光合作用的影响因素,也是调控植物生长发育的重要因子。研究表明,铁皮石斛是 C<sub>3</sub> 兼景天酸代谢(crassulacean acid metabolism, CAM)途径植物。张泽锦研究认为,铁皮石斛的光合碳同化在常规环境下呈 C<sub>3</sub> 和 CAM 共存途径,在非环境胁迫条件下以 C<sub>3</sub> 途径为主,但在环境胁迫条件下以 CAM 途径为主<sup>[2]</sup>。由此可见,环境条件的优劣对铁皮石斛的生长至关重要。

### 1.1 光照

#### 1.1.1 光照度 铁皮石斛气孔开放率较低,光合能力相对较

弱<sup>[3]</sup>,净光合速率变化呈单峰曲线,羧化效率、光饱和点、补偿点都较低,光合特性呈现阴性,即光照需求量较弱<sup>[4]</sup>。因此在早晨弱光条件下铁皮石斛的光能利用率是最高的。吕献康等研究认为,野生铁皮石斛在 08:00—10:00 弱光条件下的光能转化效率最高,此后净光合速率随着光照度的增强而降低<sup>[5]</sup>。张玲菊等对来自 5 个种源的铁皮石斛进行光合特性的比较分析,结果表明铁皮石斛净光合速率的峰值均出现在 09:00<sup>[6]</sup>。

光照度不同会诱导铁皮石斛组培苗积累不同的有机物。徐步青等研究认为,2 000 lx 光照有利于多糖的积累,而 500 lx 光照有利于生物碱的积累<sup>[7]</sup>。杨小兵等研究认为,光照度为 2 000 lx 时,铁皮石斛原球茎有效成分积累最多,光照度太低会使其出现黄化现象,过高又会产生光抑制<sup>[8]</sup>。

1.1.2 光质 光质显著影响铁皮石斛的生长,张玲菊等研究认为,铁皮石斛中叶绿素 b 的含量略高于一般植物,且在短波光 430 nm 处吸收峰高,有利于植株对蓝紫光的吸收<sup>[6]</sup>。侯甲男等研究了不同光质对铁皮石斛试管苗生长的影响,结果表明,不同光质比对铁皮石斛的生长促进作用不同,CCFL 光源红蓝光比例为 6:4 时更有利于铁皮石斛的光合作用以及干物质、糖的积累,白光处理长势最差<sup>[9]</sup>。贾书华等研究也认为,红光促进生根和长高,蓝光增加茎粗和生物碱含量,红蓝混光(8:2)有利于多糖、叶绿素含量的增加以及酶活性的提升<sup>[10-11]</sup>。

1.1.3 光照时间 光照度一定的条件下,光照时间越长,铁皮石斛的有效成分积累先增加后降低。徐步青等研究不同光照度和光照时间对铁皮石斛类原球茎有效成分积累的影响,认为光照度在 2 000 lx 下培养 40 d,其生物量最高;培养 30 d 则多糖含量最高,多糖、生物碱含量均随培养时间的延长而降低<sup>[7]</sup>。鲍顺淑等研究表明,在可控环境下,铁皮石斛组培苗培养 92 d,光照时间为 12 h/d 条件下的生长效果最好<sup>[12]</sup>。因此可见,在人工栽培环境中不应盲目延长光照时间,以免造成浪费。

### 1.2 温度

研究表明,适合铁皮石斛生长的环境温度为 20~30℃,温

收稿日期:2014-10-01

基金项目:福建省科技重大专项(编号:2013NZ0002-4)。

作者简介:陈淑钦(1991—),女,福建漳州人,硕士研究生,研究方向为花卉生理生态。E-mail:739386240@qq.com。

通信作者:陈清西,博士,教授,研究方向为园艺植物生理生化。E-mail:cqx0246@163.com。

度过高会使植株叶片气孔关闭,光合作用减弱,甚至导致体内相关酶失去活性,影响植物生长;而随着温度的降低,铁皮石斛抗坏血酸过氧化物酶(ascorbate peroxidase, APX)活性、丙二醛、脯氨酸含量上升<sup>[13]</sup>,且幼苗植株在长时间的 0℃ 低温条件下容易受到不可逆的生理伤害<sup>[14]</sup>。艾娟等研究认为,温度对铁皮石斛的光合速率有显著影响,各形态指标增量以 30℃ 处理时最高,但 20℃ 处理的铁皮石斛多糖含量是最高的<sup>[15]</sup>。张宇斌等研究认为,铁皮石斛最适生长温度为 20~25℃<sup>[16]</sup>。张艳嫣等研究表明,铁皮石斛在低温胁迫下叶绿素含量降低,可溶性糖、可溶性蛋白含量升高,这可能是由于过剩的激发能不能通过热耗散途径散失却大量积累于 PSII 反应中心,使光合机构受到了较大程度的破坏,植株产生光抑制<sup>[14,17-18]</sup>。因此可见,温度高低对铁皮石斛的生长至关重要。

### 1.3 水分

水是植物进行光合作用的重要因子,植物主要从空气和基质中摄取水分以供生命活动所需。水分过多易造成植株腐烂、病菌传播;水分过少会使植物叶片面积、叶片数、干质量等指标降低,从而影响植株生长<sup>[19]</sup>。由于长期处于阴生生境中导致铁皮石斛保水能力较差,其生长需要足够的水分<sup>[20]</sup>。苏迪等用 PEG-6000 模拟干旱胁迫处理铁皮石斛愈伤组织,结果表明铁皮石斛愈伤组织可以通过增加可溶性蛋白含量和改变保护酶活性以适应一定程度的干旱,PEG 浓度为 25% 时过氧化物酶(peroxidase, POD)活性开始下降,当 PEG 浓度达到 30% 时 APX 活性随时间的增加而降低<sup>[21]</sup>。张宇斌等研究表明,相对湿度在 80% 以上时铁皮石斛组培苗的光合速率值明显提高<sup>[22]</sup>。植物的水分利用率与环境温度息息相关,徐琳娜研究认为,在野外夏季铁皮石斛的水分利用率是最高的,生长速度也是最快的<sup>[23]</sup>。

### 1.4 其他

CO<sub>2</sub> 是植物光合作用的底物,它可以提高羧化速率,并通过抑制植物光呼吸从而提高净光合速率<sup>[24]</sup>。沈宗根等研究表明,适当增加 CO<sub>2</sub> 浓度有利于铁皮石斛净光合速率的提高,CO<sub>2</sub> 浓度高于 500 mg/L 时达到饱和,继续增加 CO<sub>2</sub> 浓度光合速率则呈下降趋势<sup>[25]</sup>。

此外,各种矿质元素对铁皮石斛的光合作用均有一定的作用。汪维双研究认为,高浓度的铅、镉胁迫均能明显抑制植物叶绿素合成,降低光合作用效率<sup>[26]</sup>。适当浓度的外源硒处理(0.05~0.10 mg/L)可以缓解并促进恢复铁皮石斛幼苗的低温胁迫效应,但过高浓度的外源硒处理(>0.20 mg/L)反而会降低铁皮石斛幼苗的低温抗性<sup>[14]</sup>。

## 2 栽培模式对铁皮石斛生长和有效成分的影响

目前,设施栽培是人工种植铁皮石斛的主要途径。随着仿野生栽培模式在霍山石斛、鼓槌石斛、齿瓣石斛等石斛属植物种植中取得不错的成果<sup>[27-28]</sup>,铁皮石斛的仿野生栽培也逐渐得到人们的重视,试验中经常选用梨树、龙眼等树皮粗糙又不易脱落的树种作为附主<sup>[29-31]</sup>。栽培模式和种植品种不同,植株对环境的适应性会有差异,致使铁皮石斛的内生菌及光合特性不同,最终影响铁皮石斛的生长。

### 2.1 栽培模式对铁皮石斛内生菌的影响

铁皮石斛内生菌是影响植株长势强弱的另一个关键。研

究认为,野生铁皮石斛内生菌 ZJSH1 具有固氮活性,可有效刺激植株分泌激素从而提高人工栽培铁皮石斛的产量和品质<sup>[32]</sup>。张霞研究认为,接种兰花内生菌尤其是 MLX102 菌种可以促进铁皮石斛生长并显著提高植株的抗逆性<sup>[33]</sup>。金辉等通过人工接种菌根真菌 GDB181' 到铁皮石斛组培苗上,结果证明两者建立有效的共生关系,接种植株的营养元素含量均有不同程度提高,尤其是硼、硅、铁、铜、锰增量均在 100% 以上<sup>[34]</sup>。

石斛属药用植物内生真菌种类非常丰富,不同品种的内生真菌在数量上和种类上差别较大<sup>[35]</sup>,且内生菌在铁皮石斛不同部位的分布呈一定规律,根部的内生细菌种群最丰富,其次是茎部,叶部的内生细菌最少、丰富度最低,不同品种和栽培条件菌株数也不一致,如温州样品鉴定出 44 株细菌,主要菌属为假氨基杆菌属(*Pseudaminobacter*)、短波单胞菌属(*Brevundimonas*);庆元样品鉴定出 42 株细菌,主要为鞘脂单胞菌属(*Sphingomonas*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)、*alphaproteobacterium*;萧山样品鉴定出 40 株细菌,主要为 *Rhodanbacter*<sup>[36]</sup>。因此有学者推测,人工栽培铁皮石斛的质量与野生铁皮石斛间存在一定差异是由内生菌数量、菌种不同引起的。

### 2.2 栽培模式对铁皮石斛有效成分的影响

同种植物长期生长在不同的环境下,会使其表型及生理生态特性产生不同的变化,使植物出现趋异适应<sup>[37]</sup>。不同产地铁皮石斛的化学成分含量也会有显著差异<sup>[38-39]</sup>,有学者通过比较人工栽培铁皮石斛与野生铁皮石斛的有效成分发现,两者的多糖与微量元素含量相近,且人工栽培铁皮石斛的氨基酸含量更高。辛甜通过比较表明,组培的铁皮石斛在多糖、生物碱等含量上略低于市售铁皮枫斗,纤维化程度也不高,但是由于培养基中含有丰富的营养物质,前者所含氨基酸、微量元素等营养成分则远高于铁皮枫斗,在宏观特征上两者有较大差异<sup>[40]</sup>。尚喜雨对铁皮石斛的组培苗、野生植株、栽培植株中的多糖含量及分布进行系统分析和研究发现,野生型铁皮石斛多糖含量比栽培型多<sup>[41]</sup>。许春萱等发现,人工栽培产品所含微量元素低于天然产物<sup>[42]</sup>,在一定程度上影响其药效<sup>[41]</sup>。

### 2.3 不同来源铁皮石斛生长的差异

不同来源的铁皮石斛抗逆性有差异,张艳嫣对 3 个铁皮石斛品系 ZD-1'、ZD-2'、ZD-3' 的幼苗进行低温处理,结果表明,铁皮石斛对低温胁迫的耐性表现与品系存在密切联系<sup>[14]</sup>。不同种质铁皮石斛的光合特性也存在差异<sup>[11]</sup>,适宜的生长环境也不同。张玲菊等提出不同种源对光强的响应存在一定差异( $P < 0.05$ ),但变化趋势基本一致<sup>[6]</sup>。毛灵芝提到,吕洪飞对宽叶、窄叶、青梗 3 种铁皮石斛的光合特性进行比较,发现宽叶石斛呈高光合效率的时间最长,光合时间也最长,随着种植时间的延长,宽叶、青梗的各色素含量均增加,而窄叶石斛基本相同<sup>[43]</sup>。刘汉峰研究认为,适当提高 CO<sub>2</sub> 浓度可以促进金钗石斛、鼓槌石斛的光能利用率,却使报春石斛产生抑制效应<sup>[44]</sup>。

## 3 结语

铁皮石斛适合在弱光、高湿、通风良好的环境中生长,其中光照是影响铁皮石斛的重要因素。目前市场上的铁皮石斛主要依靠人工栽培,其多糖、黄酮、微量元素等各种有效成分

均与野生铁皮石斛相近。由于生境条件不同使得两者的附生菌株系和数量不同,植株光合作用强弱及抗逆性也不同,导致植株质量存在一定差异,环境因子、栽培方式对铁皮石斛质量、产量的影响仍缺乏系统性的研究,内生菌与铁皮石斛的共生关系也有待深入探讨。此外,人工栽培铁皮石斛空间利用率低,近年来有学者对铁皮石斛的仿野生栽培模式进行探讨,力求其生长环境接近野生植株,初步证明该模式具有一定的可行性,但是野生条件下环境变化难以控制,如何保持基质及空气的水分含量、提高水资源利用率是生产中亟须解决的一个重要问题;同时筛选适合野生栽培的品种并与其他栽培方式的铁皮石斛进行经济效益、成分含量的分析比较,增强试验的可靠性也具有研究意义。

#### 参考文献:

- [1] 柳莲芳. 铁皮石斛的最新研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6426–6428, 6430.
- [2] 张泽锦. 铁皮石斛的光合碳同化途径及其对环境变化的生理响应[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
- [3] Sun Z R, Wang M Y, Zhang H G, et al. Comparison of stomatal characteristics between *Dendrobium loddigesii* and *Dendrobium candidum* [J]. Agriculture Science & Technology, 2011, 12(8): 1161–1165.
- [4] 蔡永萍. 药用石斛对光强适应性及其种质改良的研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.
- [5] 吕献康, 徐春华, 舒小英. 3 种石斛的光合特性研究[J]. 中草药, 2004, 35(11): 1296–1298.
- [6] 张玲菊, 高亭亭, 章晓玲, 等. 5 个种源铁皮石斛的光合特性[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(3): 359–363.
- [7] 徐步青, 崔永一, 郭 岑, 等. 不同光照强度和培养时间下铁皮石斛类原球茎生物量、多糖和生物碱量的动态变化[J]. 中草药, 2012, 43(2): 355–359.
- [8] 杨小兵, 王增利, 史 昊, 等. 光强对悬浮培养下铁皮石斛原球茎生长的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(1): 116–119.
- [9] 侯甲男, 王 政, 尚文倩, 等. CCFL 光源不同光质比对铁皮石斛原球茎增殖及试管苗生长的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(1): 86–89, 101.
- [10] 贾书华. 光照对霍山石斛试管苗生长特性及有效成分积累的影响[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2007.
- [11] 高亭亭. 铁皮石斛光质效应和光合特性的研究[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [12] 鲍顺淑, 贺冬仙, 郭顺星. 可控环境下光照时间对铁皮石斛组培苗生长发育的影响[J]. 中国农业科技导报, 2007, 9(6): 90–94.
- [13] 谭艳玲, 张艳嫫, 高冬冬, 等. 低温胁迫对铁皮石斛抗坏血酸过氧化物酶活性及丙二醛和脯氨酸含量的影响[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2012, 38(4): 400–406.
- [14] 张艳嫫. 外源硒对低温胁迫下铁皮石斛幼苗的缓解效应及其抗氧化生理特征的变化[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.
- [15] 艾 娟, 严 宁, 胡 虹, 等. 温度对铁皮石斛生长及生理特性的影响[J]. 云南植物研究, 2010, 32(5): 420–426.
- [16] 张宇斌, 郭 菊, 罗天霞, 等. 不同温度和湿度条件下光照强度对铁皮石斛光合速率的影响[J]. 北方园艺, 2013(8): 119–122.
- [17] 谭艳玲. 低温对不同基因型铁皮石斛幼苗生理特性的影响[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [18] 杨华庚, 林位夫. 低温胁迫对油棕幼苗光合作用及叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农学通报, 2009(24): 506–509.
- [19] 卓礼丰. 干旱胁迫对桂花生长及生理生态的影响[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2011.
- [20] 姜殿强. 岩溶生态环境条件下石生和树生铁皮石斛生长的对比研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2007.
- [21] 苏 迪, 程思思, 张习敏, 等. 干旱胁迫下铁皮石斛愈伤组织生理特性研究[J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2012, 30(5): 5–8.
- [22] 张宇斌, 罗天霞, 张习敏, 等. 湿度对铁皮石斛幼苗生长及光合作用的影响[J]. 贵州农业科学, 2013, 41(9): 79–81, 85.
- [23] 徐琳娜. 茂兰喀斯特铁皮石斛环境适应性研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2008.
- [24] Shang H L, Li F M, Lin Y, et al. Photosynthetic characteristics of *Sinopodophyllum hexandrum* from different distribution areas in China [J]. Acta Botanica Boreali–Occidentalia Sinica, 2008, 28(7): 1440–1447.
- [25] 沈宗根, 陈翠琴, 王岚岚, 等. 3 种石斛光合作用和叶绿素荧光特性的比较研究[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10): 2067–2073.
- [26] 汪维双. 铁皮石斛对铅、镉胁迫的响应研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2013.
- [27] 胡永亮, 李泽生, 赵翔翔, 等. 齿瓣石斛仿野生栽培技术研究[J]. 湖南农业科学, 2013(3): 38–40.
- [28] 谢明娟. 鼓槌石斛仿野生种植[J]. 北京农业, 2013(27): 82–83.
- [29] 吕 军. 利用衰老梨树附生栽培铁皮石斛技术[J]. 福建热作科技, 2014(1): 42–43.
- [30] 杨旺利. 生态林内人工栽培铁皮石斛试验研究[J]. 福建林业科技, 2012, 39(1): 48–52.
- [31] 斯金平, 俞巧仙, 宋仙水, 等. 铁皮石斛人工栽培模式[J]. 中国中药杂志, 2013, 38(4): 481–484.
- [32] 赵凯鹏. 两株固氮性细菌的生物学特性及其对铁皮石斛生长的影响[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
- [33] 张 霞. 兰花内生菌对铁皮石斛抗逆性的研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2011.
- [34] 金 辉, 许忠祥, 陈金花, 等. 铁皮石斛组培苗与菌根真菌共培养过程中的相互作用[J]. 植物生态学报, 2009, 33(3): 433–441.
- [35] 胡克兴. 石斛属药用植物内生真菌多样性研究[D]. 北京: 中国协和医科大学, 2008.
- [36] 周小凤. 铁皮石斛内生细菌分布规律的研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2014.
- [37] Parelle J, Roudaut J P, Ducrey M. Light acclimation and photosynthetic response of beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings under artificial shading or natural Mediterranean conditions [J]. Annals of Forest Science, 2006, 63(3): 257–266.
- [38] 崔 娟. 球花石斛化学成分与铁皮石斛的品质研究[D]. 合肥: 安徽中医药大学, 2013.
- [39] 肖正杭. 铁皮石斛种质资源遗传多样性及 HPLC 指纹图谱分析[D]. 福州: 福建农林大学, 2013.
- [40] 辛 甜. 组培铁皮石斛的品质评价研究[D]. 沈阳: 辽宁中医药大学, 2011.
- [41] 尚喜雨. 多糖在不同来源不同部位铁皮石斛中的分布规律研究[J]. 中国现代药物应用, 2010, 4(13): 104–105.
- [42] 许春萱, 钟 黎, 杜献洲, 等. 人工栽培铁皮石斛中微量元素的测定[J]. 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2002, 15(4): 411–412.
- [43] 毛灵芝. 不同栽培条件下铁皮石斛光合特性和主要药用成分的变化[D]. 金华: 浙江师范大学, 2008.
- [44] 刘汉峰. CO<sub>2</sub> 倍增对三种石斛光合特性的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.