



# 药用石斛组织培养研究进展

李守岭, 白燕冰, 高 燕, 李泽生, 耿秀英

(云南省德宏热带农业科学研究所, 云南 瑞丽 678600)

摘要: 概述了国内外药用石斛组培现状及影响石斛组培主要因素: 石斛种类和基因型、外植体的选取、基本培养基、植物生长调节剂、有机添加物、培养条件等的研究进展。

关键词: 药用石斛; 离体培养; 影响因素

中图分类号: S682.31 文献标识码: B 文章编号: 1672-450X(2008)04-0037-05

## Research Progress of Medicinal *Dendrobium* in Vitro Culture

LI Shou-ling, BAI Yang-bing, GAO Yan, LI Ze-sheng, GENG Xiu-ying

Dehong Institute of Tropical Agriculture, Ruili 678600, China

Abstract: In this paper, the effect of main factors on cultured *dendrobium* including varieties, genotype, explant, culture medium, plant regenerator, organin additives and cultural condition was summarized. Research situation on medicinal *dendrobium* in vitro culture was also included.

Key words: medicinal *dendrobium*; in vitro culture; influenced factors

石斛 (*Dendrobium*) 为兰科中的第二大属, 多年生草本植物, 约有 1 500 种, 我国分布有 75 种 2 个变种<sup>[1]</sup>, 具有药用价值的有 30 多种<sup>[2]</sup>。现代药理研究表明, 石斛具有抗癌、防癌、抗衰老、增强机体免疫力、扩张血管、抗血小板凝集、抗辐射等多种功效<sup>[3]</sup>。随着制药业对药用石斛日愈增长的需求, 野生药用石斛被过度采挖利用, 加之繁殖率低和生长缓慢等特点, 资源日渐萎缩, 1987 年已被国家列为濒危植物药材之一。为发展人工栽培满足市场需求, 药用石斛中的一些珍贵种类已成为目前组织快繁研究的重点。我国石斛组织培养研究起步较晚, 徐月鹏<sup>[4]</sup>在 1984 年才首次报道获得霍山石斛试管苗。此后许多学者利用石斛的种子、茎段、叶、根获得了再生植株。据不完全统计, 现在已对 20 多种药用石斛进行了组织培养的研究。

石斛组织培养获得再生植株主要有两种途径: 一是器官发生型, 通过外植体组织培养, 使预选存在的分生组织形成芽 (如子叶、茎段) 形成不定芽; 二是原球茎发生型, 通过对外植体组织培养, 产生胚性愈伤组织并增殖, 随后形成类胚组织原球茎, 进而发育成完整的再生植株。通常由种子离体培养产生的胚性组织称原球茎, 而外植体叶尖、茎段等诱导形成的胚性组织称为拟原球茎。

### 1.1 器官发生型

在药用石斛组织培养中, 通过器官发生途径获得再生植株是研究较多的发生方式。朱艳等<sup>[5]</sup>选取铁皮石斛无菌苗茎段进行离体培养, 将外植体分别接种于 4 种不同培养基, 附加不同浓度的激素配比, 结果表明外植体在 1/2MS+6-BA2.0mg/L+NAA0.2mg/L 上诱导丛生芽效果最好, 生根培养基为 1/2MS+10%香蕉汁+0.5%炭。这与郭洪波等<sup>[6]</sup>报道有所不同, 郭洪波等研究表明, 外植体在 MS+6-BA5.0mg/L+NAA (0~0.8 mg/L) 上诱导丛生芽最好, 诱导率高达 93.33%, 增殖培养基为 MS+6-BA5.0mg/L+NAA0.4mg/L+20%香蕉汁。两者研究结果都认为附加香蕉汁能够显著促进丛生芽的增殖和壮苗。孙廷等<sup>[7]</sup>将金钗石斛茎段接种在 MS+6-BA2.0 mg/L+NAA0.5 mg/L 培养基上可以诱导出再生植株, 在 MS+6-BA2.0 mg/L+NAA1.0 mg/L+2.0%蔗糖培养基上, 增殖系数可达 5~6, 生根移栽成活率达 95%, 与高培元等<sup>[8]</sup>报道相似。高培元以带侧芽的金钗石斛嫩茎段作外植体, 选取不同种类的培养基、附加不同配比的激素进行培养, 结果表明外植体在 MS+6-BA0.5 mg/L+NAA0.2 mg/L 诱导效果最好, 以 MS+6-BA3.0 mg/L+NAA0.5 mg/L 增殖最理想。杨其光等<sup>[9]</sup>对霍山石斛的嫩枝茎尖离体培养发现, 在 Kundson 附加 BA0.5mg/L+NAA0.1mg/L 培养基上可以诱导芽, 生根培养基为 MS+NAA1.0mg/L+IBA1.0mg/L+BA0.2mg/L 的生根率达 70%; 莫昭展等<sup>[10]</sup>对流苏石斛茎段组织离体培养的研究发现, 在诱导茎段腋芽萌发中

### 1 药用石斛组织培养研究进展



以MS+6-BA4.0 mg/L+NAA1.0 mg/L效果最好,在芽增殖阶段以MS+6-BA2.0 mg/L+NAA0.1 mg/L效果最佳,在研究附加物对无菌苗增殖影响时,添加15%的椰乳可有效提高芽的增殖率。上述结果与胡如善等<sup>[11]</sup>报道霍山石斛研究结果一致。曾宋君等<sup>[12]</sup>对美花石斛、无距石斛和广东石斛的茎尖培养,取石斛当年萌生的茎尖,分别接种不同培养基中,结果表明,茎尖培养的最适培养基为MS+NAA0.2 mg/L+BA0.5 mg/L,培养30d左右,诱导出大小不一的白色颗粒状愈伤组织,再过20d可分化出不定芽,将不定芽接种与N<sub>6</sub>+10%香蕉汁中培养可以形成完整的植株。

通过器官发生途径获得再生植株还有环草石斛<sup>[13]</sup>、束花石斛<sup>[14]</sup>、马鞭石斛<sup>[14]</sup>、大苞鞘石斛<sup>[15]</sup>、兜唇石斛<sup>[16]</sup>、囊唇石斛<sup>[16]</sup>、小美石斛<sup>[17]</sup>、曲茎石斛<sup>[18]</sup>和粉花石斛<sup>[19,20]</sup>等。

### 1.2 原球茎发生型

目前以种子为外植体进行快繁的研究较多<sup>[21]</sup>,因为种子培养相对比较容易,而对原球茎诱导方面研究较少。谭云等<sup>[22]</sup>以霍山石斛茎段为材料诱导拟原球茎,结果表明,1/2MS培养基附加0.1mg/L NAA诱导效果最好,诱导率分别为30.6%和34.5%。随后孙廷等<sup>[23]</sup>也以霍山石斛茎段为材料诱导拟原球茎,外植体培养20d左右进行切割,转接到N<sub>6</sub>+KT2.0mg/L+NAA0.1mg/L+2%蔗糖诱导原球茎效果较好,诱导率达到60%;外植体培养30d后进行切割转接也可以分化出原球茎,但诱导率下降为20%。詹忠根等<sup>[24]</sup>对铁皮石斛根尖诱导拟原球茎的研究表明,外植体在B<sub>5</sub>+2,4-D1.0mg/L+6-BA3.0mg/L中可以形成浅绿色、表面较光滑的愈伤组织,将其转接到B<sub>5</sub>+NAA0.5mg/L+6-BA1.0mg/L培养基后进一步发育成绿色的类原球茎,最后可以形成完整的幼苗。而张伟等<sup>[25]</sup>以铁皮石斛茎段为材料,外植体接种在N<sub>6</sub>+BA2.0+IBA0.2培养基上,30d后可以形成原球茎,经过两次继代培养,同样可以得到完整的幼苗。陈庭<sup>[26]</sup>通过正交试验,筛选了金钗石斛类原球茎诱导及增殖适宜的培养基:诱导类原球茎培养基为1/2MS+TDZ0.01mg/L+CPPU0.005mg/L+3%蔗糖;增殖效果最好的培养基为1/2MS+BA2.0mg/L+NAA1.0mg/L+2%蔗糖+2%香蕉汁,在各因子中NAA对类原球茎诱导影响最大,并对类原球茎起抑制作用。而王国梅<sup>[27]</sup>等对金钗石斛茎段诱导原球茎的研究表明,B<sub>5</sub>培养基对金钗石斛原球茎的增殖效果最好。此外,宋经元等<sup>[28]</sup>还对铁皮石斛的原球茎液体悬浮培养进行研究,利用完全随机实验设

计和正交试验设计研究不同基本培养基,结果表明B<sub>5</sub>增殖效果明显好于1/2MS和MS培养基,同时发现液体悬浮培养对铁皮石斛原球茎的生长比固体培养要好。

在药用石斛离体培养过程中,无论是器官发生途径还是原球茎诱导途径,植物生长调节剂都起到了关键性的作用,在器官发生途径中,高浓度的细胞分裂素和低浓度的生长素相结合使用,有利于芽的诱导,其中铁皮石斛诱导率高达93.33%;原球茎诱导方面的研究较少,从现在资料来看,原球茎诱导效果比较依赖于植物种类和基因型,因此,诱导原球茎过程中,应根据石斛种类调整相应的基本培养基,铁皮石斛和金钗石斛多应用B<sub>5</sub>培养基,而霍山石斛较适合N<sub>6</sub>培养基。

## 2 影响植物离体形态发生的主要因素

### 2.1 植物种类和基因型

不同种和同种植物不同基因型,在组织培养过程中其形态发生能力往往有巨大差异,主要表现在愈伤组织诱导率、分化率和植株诱导率等。卢文芸等<sup>[14]</sup>研究报告,在相同培养条件下,铁皮石斛侧芽诱导率最高,环草石斛次之,束花石斛和马鞭石斛则比较难诱导出芽。植物离体培养的基因型依赖性是一个非常突出的问题,对于再生能力差的基因型,应根据其代谢上的特点来确定相应的培养条件。但值得注意的是,遗传上或亲缘上越相近的培养材料,其形态发生的条件要求也非常类似。

### 2.2 外植体的选取

药用石斛的组织培养,外植体选择是十分重要的因素。同一植物的不同器官,同一器官不同生理状态,对外界诱导反应的能力及分化再生能力是不同的,如种子<sup>[29]</sup>和胚<sup>[30]</sup>容易诱导形成植株,而叶片则比较困难。张艳等<sup>[31]</sup>以金钗石斛的取材部位、基本培养基、激素浓度配比3因素进行正交试验,结果表明取材部位是影响繁殖系数最敏感的因素。谭云<sup>[22]</sup>以霍山石斛假鳞茎为外植体,分别对假鳞茎的上部、中部和下部进行培养,发现假鳞茎下部是最适宜培养部分,诱导效果最好,可能因为石斛基部具有较强的分蘖能力。卢文芸等<sup>[13]</sup>以环草石斛茎段为材料,研究不同取材的部位对出芽的影响,结果茎尖部位明显要高于其它部位,茎中部次之,而茎基部几乎不能萌发,与谭云的研究结果相反。上述学者的研究结果不同,可能与植株种



类和基因型上的差异有关。

不同材料作为外植体各有利弊, 如以茎段作为外植体, 成株较快, 苗壮, 但需要大量原植株, 以种子作为外植体, 增殖系数较高, 但生长周期长, 需要反复复壮。此外, 外植体的大小也应该根据培养目的而定, 如植株脱毒培养, 则外植体宜小; 如果进行快繁, 外植体宜大, 但杀菌不彻底, 易于污染。

### 2.3 基本培养基

植物培养基主要有 MS、N<sub>6</sub>、B<sub>5</sub>、KC、Miller 等, 选择合适的培养基是组织培养中最关键的一步。在组织培养过程中, 应根据不同的培养阶段和目的, 选用相应的培养基。张治国等<sup>[32]</sup>研究 6 种不同培养基对铁皮石斛原球茎增殖的影响, 结果表明, 基本培养基对铁皮石斛原球茎增殖作用影响很大, 1/2MS 适宜原球茎增殖, MS 和 N<sub>6</sub> 适宜种子萌发和叶片培养, 而改良 White 和 KC 适宜茎段培养。高培元等<sup>[8]</sup>在金钗石斛离体培养过程中发现, MS 培养基对侧芽诱导率最高, B<sub>5</sub> 次之, KC 最低。毛堂芬等<sup>[33]</sup>对环草石斛进行培养, 结果幼苗在 KC 培养基上生长最好, 苗粗壮, 根系发达, 其次为 B<sub>5</sub> 和 1/2MS 培养基, 在 MS 培养基上植株长势最差, 根系较细弱。林济君<sup>[17]</sup>以小美石斛为材料进行增殖培养, 增殖效果最好的是 MS 培养基, 增殖效果明显高于 N<sub>6</sub> 和 1/2MS 培养基。

### 2.4 植物生长调节剂

植物生长调节剂是影响植物离体形态发生的关键因素: 一定浓度范围的生长素和细胞分裂素能促进愈伤组织的分化和芽的形成。卢文芸等<sup>[14]</sup>对 5 种药用石斛的茎段进行培养, 结果, BA 和 NAA 的浓度比例对石斛侧芽的诱导有显著影响, 环草石斛、铁皮石斛和金钗石斛所需 BA/NAA 的比例较大, 在 10~20 之间; 而马鞭石斛和束花石斛所需 BA/NAA 的比例则较小, 在 2~4 之间。田雪琪<sup>[34]</sup>等对细茎石斛进行离体培养, 结果 6-BA 和 NAA 的配比对原球茎的诱导有很大影响, 随着 6-BA 浓度的升高, 原球茎的分化率也随之增大, 但超过 4mg/L 之后原球茎的分化率会有所降低; 徐红等<sup>[35]</sup>对鼓槌石斛的研究表明, 低浓度的 NAA 能加快鼓槌石斛根的分化, BA 对叶的分化更为有利。周月坤等<sup>[36]</sup>在 MS 培养基上附加 0.5mg/LBA 和 0.5~2.0mg/L2,4-D, 可以诱导叶基部产生愈伤组织, 进而分化出拟原球茎获得完整植株, 并指出 2, 4-D 对诱导愈伤组织形成和分化有重要作用, 而 NAA 的加入对分化类原球茎有一定的促进作用; 蒋波等<sup>[37]</sup>研究表

明, 在铁皮石斛原球茎增殖和分化的过程中, 培养基中激素浓度配比是一个非常关键的因素, 附加 2.0 mg/L BA 和 0.5mg/L NAA 的培养基中, 原球茎增殖系数最大, 而在 BA3.0mg/L+NAA0.2mg/L 中, 丛生芽的形态建成较好。毛堂芬等<sup>[33]</sup>对环草石斛的研究表明, 适宜的生长素及浓度有利于试管苗的生长, 添加 NAA 和 IBA 的培养基, 试管苗长势均比不加生长素较好, 其中添加 2.0mg/LNAA 的培养基, 苗高茎粗, 当处理浓度达到 4.0mg/L NAA 时, 根生长不正常, 变黑甚至死亡。

### 2.5 有机添加物

植物组织培养过程中, 常用的有机添加物有香蕉汁、椰子汁、马铃薯汁、水解酪蛋白等, 是一些富含氨基酸、激素和维生素的天然复合物, 它们对细胞和组织的增殖、分化有明显的促进作用。郭洪波等<sup>[6]</sup>研究表明, 香蕉汁、西瓜汁、土豆汁对铁皮石斛丛生芽增殖均有促进作用, 其中香蕉汁有利于对丛生芽增殖和壮苗培养, 刘骅等<sup>[39]</sup>对铁皮石斛培养研究中也得到相似结论, 但周江明<sup>[40]</sup>的报道则有所不同, 认为白萝卜提取液、水解酪蛋白和椰郭对铁皮石斛试管苗壮苗效果更好。田雪琪等<sup>[34]</sup>对细茎石斛的研究表明, 在附加 3 种不同的植物提取液的培养基中, 原球茎分化率顺序为马铃薯浸汁>香蕉汁>椰乳汁, 在 10% 马铃薯浸汁培养基上, 分化的苗较健壮整齐, 叶色浓绿, 这与常俊等<sup>[41]</sup>对喇叭石斛的研究结果相一致。

### 2.6 培养条件

培养条件主要是指石斛离体培养过程中的光照程度、温度和 pH 等环境条件。对于大多数石斛培养来说, 温度通常控制在 25 ± 2℃ 为宜, 过高过低都会抑制细胞组织的增殖和分化, 对培养物生长不利。徐云鹃<sup>[4]</sup>研究发现, 霍山石斛种子在培养初期需较高的温度, 在 25℃ 左右萌发生长较快, 低于 10℃ 时, 即使营养条件满足也不能萌发; 对石斛胚<sup>[30]</sup>、茎节培养<sup>[42]</sup>都表明温度 25~28℃, 光照度 1 500~2 000lx, 每天光照 12h 的条件对生长最有利。周根余<sup>[42]</sup>研究铁皮石斛原球茎在 pH5.0 的培养基中, 其生长最快; pH5.4 和 pH5.8 的为其次; pH4.5 和 pH6.4 的生长最慢; 生长在 pH6.4 的培养基中的原球茎有褐化死亡现象。

药用石斛组织培养受多种因素影响: 主要有植物种类和基因型、外植体的选取、植物生长调节剂和基本培养基等, 其中, 石斛的种类和基因型是影响离体培养的最关键因素。现有资料表明, 植物离体培养过



程中,同物种不同基因型的差异,直接影响到离体培养的成功与否。植物生长调节剂在石斛培养过程中有着重要作用,在外植体的诱导阶段,细胞分裂素和生长素相结合的应用最为广泛,两者的浓度比例直接影响外植体的诱导效果,一般BA/NAA的比例在10~20之间,而在继代增殖过程中,高浓度的BA/NAA比例更有利。外植体的选取和基本培养基等影响因素,要依据外植体的培养阶段和培养目的,做出相应的改变,才能达到更好的效果。

### 3 结语

目前,药用石斛离体快繁主要以种子作为外植体。相对其他外植体而言,种子作为外植体进行快繁有其明显的优势,如简单易行,增殖系数高,但也存在一些不足:由于种子间差异比较大,后代群体缺乏整齐一致性,导致成苗率低、淘汰率高和成活率低等。采用无性繁殖方法,对优良株系进行组培快繁,可以保持母体的优良性状,但以茎段作为外植体诱导技术还不成熟,现有研究成果距离生产应用还有一定差距。今后,药用石斛的组培重点应放在优质无性系种苗方面,同时加强石斛的基础研究,以提高石斛种苗质量。总之,随着石斛组织培养技术的完善以及工厂化生产技术的成熟,有望缓解当前石斛需求量大、植物资源匮乏的状况。

### 参考文献:

- [1] 吉占和. 中国石斛的初步研究 [J]. 植物分类学报, 1980, 18 (4): 427-449.
- [2] 张纪立, 何锦丽. 石斛药理研究进展 [J]. 时珍国医国药, 2000, 11 (5): 469-470.
- [3] 陈晓梅, 郭顺星. 石斛属植物化学成分和药理作用的研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2001, 13 (1): 70-75.
- [4] 徐云鹃. 霍山石斛种子试管苗的培养 [J]. 植物生理学通讯, 1984, (4): 35.
- [5] 朱艳, 泰民坚. 铁皮石斛茎段诱导丛生芽的研究 [J]. 中国野生植物资源, 2003, 22 (2): 56-57.
- [6] 郭洪波, 于晓丹, 陈丽静, 等. 铁皮石斛茎节离体培养的研究 [J]. 时珍国医国药, 2007, 18 (11): 91-93.
- [7] 孙廷, 杨玉珍, 陶杰, 等. 金钗石斛的组织培养和快繁技术 [J]. 河南科技大学学报, 农学报, 2004, 24 (3): 35-37.
- [8] 高培元, 陈健妙, 甘铨. 金钗石斛的茎段培养与植株再生 [J]. 中草药, 2002, 33 (11): 1031-1033.
- [9] 杨其光, 杜国华. 霍山石斛嫩枝茎离体培养成苗 [J]. 植物生理学通讯, 1986, 12.
- [10] 莫昭展, 蒋波, 何小燕, 等. 流苏石斛茎段组织培养的初步研究 [J]. 安徽农业科学, 2007, 35 (33): 10704-10706.
- [11] 胡如善, 孙廷, 杨玉珍. 霍山石斛的离体培养研究 [J]. 江苏农业科学, 2005, (4): 73-76.
- [12] 曾宋君, 程式君. 石斛的试管苗快速繁殖 [J]. 中药材, 1996, 19 (10): 490-491.
- [13] 卢文芸, 张宇斌, 唐金刚, 等. 环草石斛快速繁殖研究 [J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2004, 22 (4): 15-18.
- [14] 卢文芸, 唐金刚, 乙引. 等. 五种药用石斛快速繁殖的研究 [J]. 种子, 2005, 24 (5): 23-25.
- [15] Sharma A., et al. In Vitro Culture of *Dendrobium wardianum* Warner: Morphogenetic Effects of Some Nitrogenous Adjuvants [J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1992, 35(1): 80-85.
- [16] Nayak N R, et al. In Vitro Propagation of Three Epiphytic Orchids, *Cymbidium aloifolium* (L.) Sw., *Dendrobium aphyllum* (Roxb.) Fisch. and *D. moschatum* (Buch-Ham) Sw. Through Idiazuron Induced high Frequency Shoot Proliferation [J]. Scientia Horticulture Amsterdam, 1997, 71 (3-4): 243-250.
- [17] 林济君. 小美石斛茎段培养的研究 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (2): 292-294.
- [18] 杨联河, 李根林. 曲茎石斛快速繁殖研究 [J]. 中国中药杂志, 2002, 27 (6): 460.
- [19] 乙引, 张宇斌. 粉花石斛的组织培养和植株再生 [J]. 植物生理学通讯, 2004, 40 (1): 64-65.
- [20] 白美发, 吴彤林, 黄敏, 等. 粉花石斛组织培养快速繁殖 [J]. 种子, 2004, 23 (9): 44-45.
- [21] 徐云鹃, 于力文. 霍山石斛种子的萌发和试管苗的培养 [J]. 安徽农学院学报, 1984, (1): 48-52.
- [22] 谭云, 叶庆生, 刘伟. 霍山石斛的组织培养 [J]. 植物学通报, 2005, 22 (1): 58-62.
- [23] 孙廷, 王胜利, 胡如善, 等. 霍山石斛原球茎的离体培养研究 [J]. 江苏农业科学, 2007, (5): 185-187.
- [24] 詹忠根, 徐程, 张铭, 等. 铁皮石斛离体根尖经体细胞胚再生植株研究 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2005, 31 (5): 579-580.
- [25] 张伟, 陈坤. 药用石斛的组织培养及管理研究 [J]. 南阳师范学院学报(自然科学版), 2004, 3 (6): 41-43.
- [26] 陈庭, 叶庆生, 刘伟. 金钗石斛类原球茎诱导及增殖的正交试验 [J]. 华南农业大学学报, 2005, 26 (3): 60-63.
- [27] 王国梅, 韦鹏霄, 岑秀芬. 基本培养基和激素组合对金钗石斛原球茎增殖的影响 [J]. 广西农业科学, 2006, 37 (11): 10-12.
- [28] 宋经元, 郭顺星, 肖培根. 铁皮石斛原球茎液体悬浮培养的研究 [J]. 中草药, 2004, (9).
- [29] 温云飞, 鲁润龙, 谢子立. 霍山石斛的快速繁殖和花芽诱导 [J]. 植物生理学通报, 1999, 35 (4): 296-297.

(下转第47页)



高温干旱天气,也可采取淋(喷)水等方法,以调节土壤和大气湿度,减少蒸腾失水,降低植株体温,利于开花授粉。同时,热带作物特别是果树要注意根外叶面施肥如磷酸二氢钾、硼、锌等微量元素,促进枝梢健壮生长,提高自身抗寒力。

对以平流型为主寒害的防御应从管理入手,特别是橡胶林地,通过提高树体自身抗逆性来减轻寒害造成的不良影响。同时要重视受害苗木、芽条、幼树、开割树的灾后处理时间及方法。

3.2.3 建立防御寒害科技体系

建立长效的防御寒害科技体系以提高整个地区农业气候的测报和服务的科技水平,减轻热带作物灾害。应加快完成气象灾害预警测报系统的建设;加强农村防灾科普宣传,提高农民防御寒害的能力。低温是河口地区植胶的自然灾害,对主要热带作物要建立相应的抵御寒害的技术体系,如橡胶树种植要认真落实橡胶树抗寒栽培技术措施,并在实践中不断完善。其它热带作物也应形成各自抗寒栽培措施并逐步加以完善。

3.3 组织科研力量,进行寒害机理与规律的科学研究

组织河口地区的科研人员进行寒害机理、植物抗寒性和抗旱性的提高途径的相关研究。继续深入对河口地区冬季寒害时空分布规律,包括冬季温度的气候变化,冬季寒害时间变化和地区分布,冬季寒害的周

期性和阶段性变化,冬季综合寒害指数与农作物受灾程度的比较和分析等的研究,提高寒害规律的认识水平和应用水平。

致谢:云南省红河热带农业科学研究所的刘云彦、刘学敏、王朝等同志做了大量的工作,特此表示感谢。

参考文献:

[1]袁明得. 云南垦区严寒年代的初步研究[J]. 云南热作科技, 1977, (3).

[2]黄泉泉,方天雄,等. 河口垦区树越冬环境考察研究报告[C] // 云南热带北缘高海拔植胶的理论与实践. 云南农垦集团有限责任公司, 云南省热带作物学会, 2005: 100-105.

[3]陈伟强,李芹. 云南河口地区龙眼生产气候区划探讨[J]. 云南热作科技, 1997, (3): 16-20.

[4]陈伟强,李芹. 云南龙眼良种区划化的初步设想[C] // 热带作物产业发展研究. 北京: 中国农业出版社, 2006, (1): 518-524.

[5]钟思强,苏维佳,黄在猛,等. 龙眼荔枝大幅度减产的气象原因分析及对策[J]. 中国农业气象, 1998, (1): 24-28.

[6]云南热区寒害专业调研组. 云南热区1999/2000年冬橡胶树寒(冻)害调研报告[J]. 云南热作科技, 2001, 7(增刊): 1-18.

[7]方天雄. 河口垦区橡胶树寒害与抗寒植胶对策[J]. 云南热作科技, 1991, (1): 31-34.

[8]沈利宗. 云南河口垦区的冬季低温与橡胶树寒害[J]. 云南热作科技, 1991, (1): 12-19.

(上接第40页)

[30]毛兰新,曾彩云. 齿瓣石斛的胚培养[J]. 林业调查规划, 2006, 31(5): 128-130.

[31]张艳,范俊安,李泉森,等. 金钗石斛培养初步研究[J]. 时珍国医国药, 2001, 12(2): 189-190.

[32]张治国,刘弊,王黎. 铁皮石斛原球茎增殖的培养条件研究[J]. 中草药, 1992, 23(8): 431-433.

[33]毛堂芬,刘作易,金家兴,等. 环草石斛试管苗壮苗培养的研究[J]. 种子, 2005, 24(6): 21-22.

[34]田雪琪,张铁. 细茎石斛组织培养研究[J]. 文山师范高等专科学校学报, 2007, 20(3): 114-116.

[35]徐红,刘峻,王峰涛,等. 鼓槌石斛组织培养研究[J]. 中国中药杂志, 2001, 26(6): 378-381.

[36]周月坤,王伏雄. 兜唇石斛幼叶再生植株的研究[J]. 植物学集刊, 1989, 12(4): 123.

[37]蒋波,杨存亮,黄捷,等. 铁皮石斛原球茎生长分化及生根壮苗研究[J]. 玉林师范学院学报, 2005, (3): 66-69.

[38]李小军,刘石泉,路群,等. 香蕉提取物对霍山石斛原球茎增殖的影响[J]. 上海师范大学学报(自然科学版), 2004, 33(4): 74-77.

[39]刘骅,张治国. 铁皮石斛试管苗壮苗培养基的研究[J]. 中国中药杂志, 1998, 23(11): 654-656.

[40]周江明. 不同有机物对铁皮石斛试管苗生长发育的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 49-50.

[41]常俊,丁小余,保曙琳,等. 喇叭唇石斛组织培养的研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 29(4): 313-316.

[42]周根余,谢薇,程磊. 影响铁皮石斛原球茎生长的若干因素[J]. 江西科学, 1999, 17(4): 231-235.