

铁皮石斛野生转家栽规范化种植 (GAP)研究与产业化基地建设*

□黄 松** (广州中医药大学 广州 510405)

刘星华 刘宏源 (广东永生源生物科技有限公司 饶平 515736)

闫 花 张桂芳 刘军民 赖小平** (广州中医药大学 广州 510405)

摘 要:目的:建立铁皮石斛规范化、产业化生产基地。方法:(1)观察与描述原植物形态特征;(2)以优良植株的茎段为外植体,运用组织培养技术研究建立铁皮石斛无性快繁体系,并研究探讨纳米材料 TiO_2 、 SiO_2 及 TiO_2 - SiO_2 组合对铁皮石斛离体再生培养的影响;(3)研究探讨移栽基质与移栽方法对铁皮石斛试管苗移栽的影响。结果:(1)初步将铁皮石斛归为软脚与硬脚,矮杆种与高杆种;(2)建立了铁皮石斛离体再生系统;纳米 TiO_2 及 SiO_2 对铁皮石斛侧芽及丛芽的诱导有较明显促进作用,但不同浓度对离体培养的作用不同。低浓度的纳米 TiO_2 ($5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)和纳米 SiO_2 ($5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)组合可显著提高侧芽及丛芽的发芽数,促进芽的生长,较适宜侧芽及丛芽诱导阶段,不同浓度组合均对试管苗壮苗生根有抑制作用,不适于壮苗生根阶段使用;(3)组培苗出瓶第 2d 直接移栽定植,成活率达 95%以上;移栽 45d 分蘖长新芽率达到 90%以上,18 个月长度达到采收规格。结论:为铁皮石斛优质、高产栽培及产业化基地建设提供技术支撑。

关键词:铁皮石斛 规范化种植 产业化

铁皮石斛(*Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl)为兰科石斛属多年附生草本植物,具有益胃生津、滋阴清热的功效^[1]。现代药理研究表明,铁皮石斛具有抗肿瘤、抗衰老、增强机体免疫力、扩张血管及抗血小板凝集等作用,在临床及中药复方中被广泛应

用^[2~3]。铁皮石斛野生分布于我国云南、贵州、广东、广西、浙江、四川等地,由于其对生境要求特殊,多生长于高温多湿的热带、亚热带高山峻岭、悬崖峭壁及岩石缝隙之间,生长缓慢、自身繁殖能力极低。由于人们长期掠夺性采挖,致使其野生资源严重枯竭,药材价格不断攀升。1987 年,国家将铁皮石斛列为重点保护野生珍稀药材品种^[4]。鉴于铁皮石斛的

收稿日期:2009-11-04

修回日期:2010-01-25

* 国家科学技术部等 14 部委和广东省人民政府共同主办的“2009'传统医药国际科技大会暨博览会”第六分会——“传统药物资源保护、开发与合理利用”论文,该论文为大会学术委员会评选的优秀论文;广东省科技厅中药现代化专项(K5080016):砂仁等 10 种岭南药材规范化种植(养殖)关键技术研究,负责人:徐鸿华。

** 联系人:黄松,副研究员,主要研究方向:中药新药研究与开发及植化,Tel:020-39358103,E-mail:hsl318@gzhtcm.edu.cn;赖小平,本刊编委,教授,博士生导师,广州中医药大学中药学院院长,主要研究方向:中药新药研究与开发,Tel:020-39358045,E-mail:lxp88@gzhtcm.edu.cn。

重要价值,为从根本上解决其资源问题,将铁皮石斛野生变家种显得尤为重要。目前,铁皮石斛生产上多采用组织培养繁殖小苗或分株繁殖^[5]的方法,但传统的分株、扦插等繁殖率极低,而采用铁皮石斛茎和种子等诱导试管苗的技术上已经比较成熟,但试管苗移栽问题始终未得到很好的解决。此外,铁皮石斛栽植环境(温度、光照、水分等)的选择、基质的配方组成等均是铁皮石斛移栽成功的关键因素,目前,有关铁皮石斛试管苗人工栽培基质选用方面有研究报导^[6-12],但实现铁皮石斛大面积生产尚存在一些关键技术问题有待研究解决。因此,针对铁皮石斛生产上存在的关键技术问题,从种质鉴定、良种繁育体系建立、栽植技术等方面开展铁皮石斛规范化种植研究,建立其规范化、产业化种植基地,对确保铁皮石斛资源的可持续利用具有十分重要的意义。

广州中医药大学与广东永生源生物科技有限公司共建“中医药产学研示范基地”,组建了铁皮石斛课题研究小组,并在广东省饶平县新丰镇建立了铁皮石斛规范化种植研究基地,针对目前铁皮石斛

类鉴定。

2. 结 果

我们已分别收集了主要产区铁皮石斛种质 20 批,初步将其归为软脚与硬脚;矮杆种与高杆种(见图 1)。

二、良种繁育体系的建立

1. 建立铁皮石斛离体再生系统

(1)材料。

药材采自广东永生源生物科技有限公司铁皮石斛规范化种植基地,经广州中医药大学张丹雁教授鉴定为兰科石斛属植物铁皮石斛 *Dendrobium Canadidum* Wall.ex Lindl.。选取栽培一年生、生长健壮、无病虫害的铁皮石斛植株作为实验材料。

(2)方法。

本研究探讨了植物激素种类及浓度、添加物种类及浓度对铁皮石斛侧芽、丛芽诱导及增殖的影响;外植体类型、植物激素组合对拟圆球茎诱导、增殖及分化的影响;培养基成分、植物激素、添加物种类及浓度对试管苗壮苗生根的影响;移栽基质及移栽方



图 1 铁皮石斛 GAP 基地引种的不同种质

生产上存在的问题开展了如下几方面的研究工作。

一、种质资源的收集、鉴定

1. 方 法

通过调查,收集了广东、云南、浙江等省道产区的铁皮石斛种质,分区种植于 GAP 基地的种质圃中,观察描述各居群的植物形态特征,进行形态分

表 1 基本培养基对侧芽诱导的影响

培养基	诱导率 (%)	Duncan 检验		出芽数 (个)	Duncan 检验		生长情况
		0.05	0.01		0.05	0.01	
N6	92.52±2.36	a	A	1.65±0.10	a	A	最好
B5	88.33±3.28	a	A	1.46±0.12	ab	AB	较好
MS	84.78±3.69	b	A	1.18±0.15	b	B	好
1/2MS	50.00±4.25	c	B	0.75±0.23	c	B	较差

注:Duncan's 新复极差法,不同字母表示两均数间差异显著,小写字母表示 $\alpha=0.05$ 显著水平,大写字母表示 $\alpha=0.01$ 显著水平。

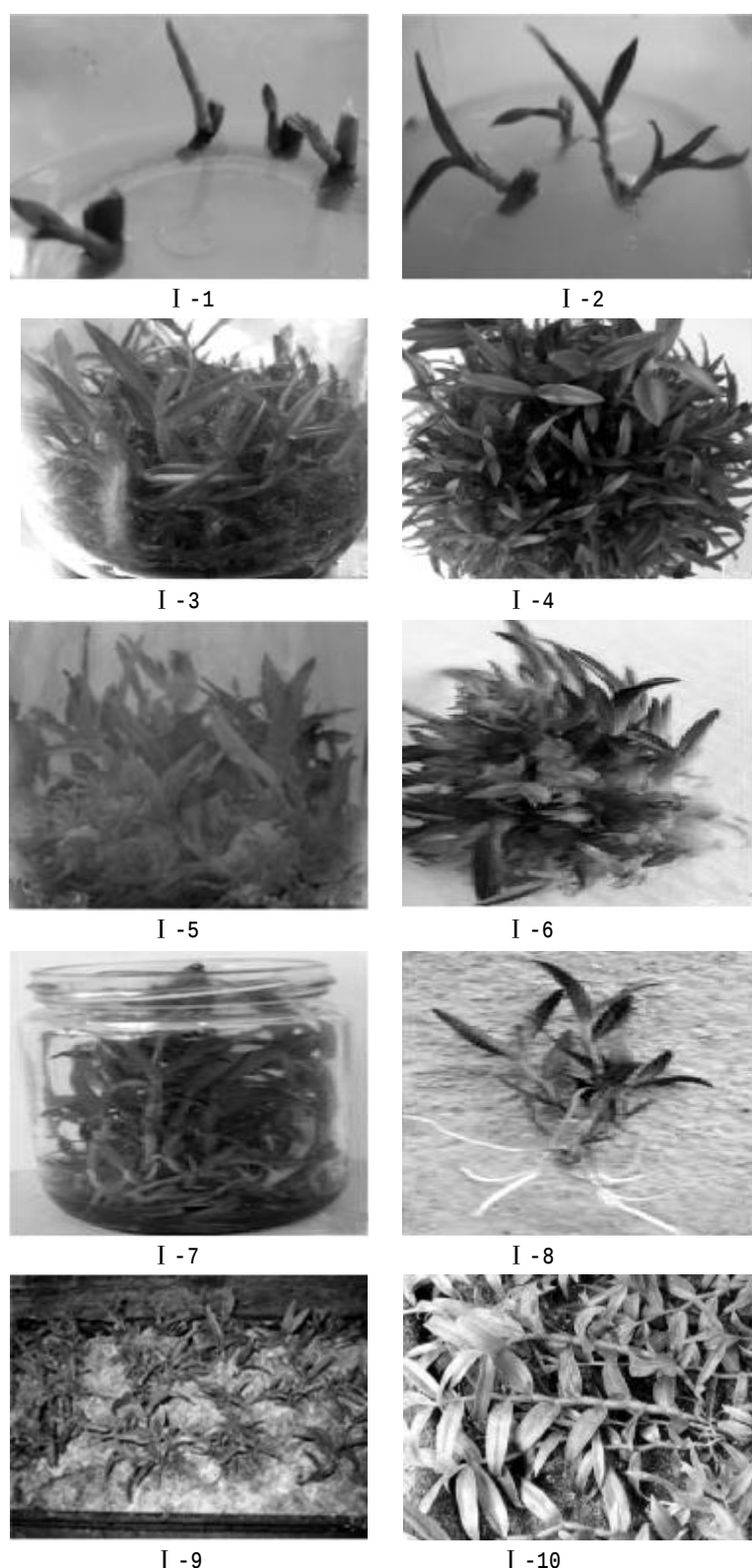


图2 铁皮石斛离体再生系统的建立

I-1~10 为铁皮石斛从离体培养到移栽成活各个发育阶段; I-6 拟原球茎形状; I-7 试管苗壮苗生根; I-8 用于移栽的试管苗; I-9 移栽后成活的试管苗; I-10 生长健壮的铁皮石斛植株(一年生)。

式对试管苗移栽成活率的影响。

(3) 结果。

①采用茎段成功建立了铁皮石斛离体快繁体系。通过实验发现,基本培养基对铁皮石斛离体培养具有非常显著的影响(表1,图2),不同培养基的影响不仅表现在铁皮石斛各培养阶段芽的诱导率、增殖倍数、生根率及株高的不同,而且还表现在植株的叶色和生长状态的不同。

②在铁皮石斛离体培养中,植物激素也起着非常重要的调控作用。铁皮石斛各培养阶段均需添加一定的激素,但不同阶段所需的激素种类及浓度不同(表2);不同添加物在铁皮石斛离体培养中的作用不同。5%马铃薯汁对侧芽诱导率和出芽数的促进作用最为显著,不仅可以促进侧芽萌发,对侧芽生长也有非常显著的促进作用,随着马铃薯汁添加浓度的增加,侧芽生长情况明显好转,诱导出的侧芽粗壮,嫩绿,生长旺盛;花多多1号在 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对侧芽诱导及生长有显著促进作用,随着添加浓度的增加,两者均对侧芽诱导表现出显著抑制作用。综合侧芽诱导率、出芽数及芽的生长情况,在铁皮石斛茎段侧芽诱导培养基中,可选择添加7%马铃薯汁或 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 花多多1号来提高侧芽诱导率及出芽数,并促进侧芽生长(表3)。

③植物激素种类对铁皮石斛丛芽诱导及增殖有较大影响。在不加激素的MS培养基里,培养60d时,仅有23.96%的侧芽从基部长出新芽,且诱导出的小芽瘦弱,较少增殖。BA、IBA和NAA均能显著提高丛芽的诱导率及增殖倍数,其中NAA对丛芽诱导率的促进效果明显好于BA和IBA,培养60d时,诱导率达到75.00%。添加物对丛芽的诱导也有明显的促进作用。添加各浓度马铃薯汁后丛芽诱导率均为100%,丛芽的增殖倍数随着添加浓度的增加不断提高,苗的生长情况明显好转,马铃薯汁浓度在20%时,丛芽增殖倍数极显著高于对照组,诱导出的丛芽粗壮、浓绿、长势好;添加 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 胰蛋白胨后,丛芽增殖倍数显著提高,且诱导出的丛

芽生长良好;花宝 1 号和花多多 1 号对丛芽诱导及增殖的效果同侧芽诱导阶段相似,仅花多多 1 号在 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对丛芽诱导及增殖有促进作用。因此,在铁皮石斛丛芽诱导及增殖阶段可选择添加 20% 的马铃薯汁、 $2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的胰蛋白胨或 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 花多多 1 号来提高丛芽诱导率及增殖倍数,并改善丛芽的生长情况。通过基本培养基、植物激素及添加物的筛选,优选出铁皮石斛丛芽诱导及增殖阶段的最佳培养基为 $\text{N6}+\text{BA}1\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}+\text{NAA}0.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}+20\%$ 马铃薯汁。①④花宝和花多多 1 号在 $1\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时对试管苗壮苗生根有明显促进作用,试管苗的生根率和根长均有显著提高,苗生长相对较粗壮,当花宝或花多多 1 号添加浓度增至 $2\sim 3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,对苗的生长产生抑制作用,苗相对较矮小,生根少,花多多的抑制强度大于花宝。胰蛋白胨对试管苗壮苗生根作用不显著,苗的生长情况与对照组比较无明显差别。

2. 纳米材料对铁皮石斛离体培养的影响研究

(1) 方法。

本研究分别考察纳米 TiO_2 和纳米 SiO_2 两种无机纳米材料的不同浓度、不同添加方法对铁皮石斛侧芽与丛芽诱导及增殖的影响,并考察了其对于试管苗壮苗生根的影响。

(2) 结果(见表 6~8)。

①纳米 TiO_2 对铁皮石斛侧芽、丛芽的诱导及增殖有较明显的促进作用,但促进发芽所需浓度随着培养基的不断优化而逐渐降低。在壮苗生根阶段添加各浓度纳米 TiO_2 后植株矮小、黄弱、分蘖过多且生长力差,并诱导出较多难以分化的淡黄色愈伤组织。

②纳米 SiO_2 对铁皮石斛再生芽的发育及小苗的生长均有明显促进作用,苗的生长情况较

表 2 不同植物激素对侧芽诱导的影响

激素浓度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	诱导率 (%)	LSD 检验		出芽数 (个)	LSD 检验		生长情况
		0.05	0.01		0.05	0.01	
BA0.5	69.87±2.87	a	A	0.89±0.25	a	A	最好
NAA0.5	62.64±3.62	b	A	0.66±0.19	ab	A	较好
IBA0.5	49.56±3.75	c	B	0.55±0.21	b	A	稍好
2,4-D0.5	40.77±4.56	d	BC	0.41±0.17	b	A	最差
CK(0)	34.78±2.65	d	C	0.47±0.18	b	A	一般

注:小写字母表示 $\alpha=0.05$ 显著水平,大写字母表示 $\alpha=0.01$ 显著水平。

表 3 不同添加物及其浓度对侧芽诱导的影响

添加物及浓度 (g·L ⁻¹)		诱导率 (%)	LSD 检验		出芽数 (个)	LSD 检验		生长 情况
			0.05	0.01		0.05	0.01	
CK	0	92.55±2.87	b	A	1.65±0.27	b	B	++++
花宝 1 号	1	80.77±5.05	c	B	1.25±0.34	c	C	+++
	2	65.58±4.80	d	C	1.04±0.22	c	CD	-
	3	48.38±7.00	e	D	0.69±0.26	d	D	--
花多多 1 号	1	96.66±3.43	a	A	1.84±0.20	a	AB	++++
	2	62.04±6.84	d	C	1.03±0.24	c	CD	-
	3	43.57±6.43	e	D	0.71±0.19	d	D	--
马铃薯汁(%)	5	100.00±0.00	a	A	2.04±0.24	a	A	+++++
	7	100.00±0.00	a	A	2.00±0.23	a	A	+++++
	10	100.00±0.00	a	A	1.81±0.22	a	A	++++
	20	96.14±3.16	a	A	1.64±0.19	b	B	++++

注:--有明显抑制作用;-有抑制作用;+生长差;++生长一般;+++生长好;++++生长较好;+++++生长最好。

表 4 不同植物激素对丛芽诱导及增殖的影响

激素浓度 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	诱导率 (%)	LSD 检验		增殖倍数	LSD 检验		生长情况
		0.05	0.01		0.01	0.05	
CK(0)	23.96±3.58	c	B	1.03±0.18	c	B	芽较瘦弱,生长速度慢
BA0.5	67.22±3.81	b	A	2.61±0.25	a	A	较好,芽嫩绿,增殖较多
2,4-D0.5	20.54±4.27	c	B	1.06±0.27	c	B	最差,芽黄弱,部分死亡
IBA0.5	65.82±3.93	b	A	2.31±0.19	b	A	较好,芽嫩绿,生长旺盛
NAA0.5	75.00±3.84	a	A	2.50±0.23	a	A	较好,芽嫩绿,生长旺盛

注:小写字母表示 $\alpha=0.05$ 显著水平,大写字母表示 $\alpha=0.01$ 显著水平。

表 5 不同添加物及其浓度对丛芽诱导及增殖的影响

添加物及其浓度 (g·L ⁻¹)		诱导率 (%)	增殖倍数	生长情况
CK	0	100.00±0.00	4.21±0.22	芽健壮,嫩绿,生长正常
花宝 1 号	1	69.93±4.79	3.16±0.34	芽生长正常,但比对照稍矮小
	2	60.66±7.04	2.57±0.57	有明显抑制作用,芽矮小,增殖较少
	3	53.57±7.99	2.32±0.48	有非常明显的抑制作用,较少增殖
花多多 1 号	1	100.00±0.00	4.69±0.28	芽健壮,嫩绿,生长正常,比对照稍好
	2	58.07±6.63	2.28±0.46	有明显抑制作用,芽矮小,增殖较少
	3	40.15±7.00	1.97±0.53	非常明显抑制作用,少部分芽产生变异
胰蛋白胨	2	100.00±0.00	4.74±0.50	丛芽健壮,嫩绿,较多增殖
马铃薯汁(%)	5	100.00±0.00	4.52±0.34	芽健壮,嫩绿,比对照稍好
	7	100.00±0.00	4.87±0.42	芽健壮,嫩绿,比对照稍好
	10	100.00±0.00	5.05±0.31	芽健壮,浓绿,比对照明显好
	20	100.00±0.00	5.34±0.29	芽生长情况最好,芽粗壮,较多增殖

对照明显好转,但纳米 SiO_2 不同浓度对铁皮石斛离体培养所起的作用不同。

③纳米 TiO_2 - SiO_2 组合可显著提高侧芽和丛芽的诱导率及出芽数(增殖倍数),并改善因单独添加纳米 TiO_2 而对芽生长产生的不利影响。对组合中纳米 TiO_2 、纳米 SiO_2 浓度及两者的交互作用对侧芽诱导的影响分别进行方差分析,并对差异显著者进行多重比较分析。结果表明,纳米 TiO_2 浓度对培养 10d、20d 及 30d 侧芽诱导率均有极显著的影响,培养 30d 时,纳米 SiO_2 浓度对诱导率有极显著影响。两者的交互作用在 20d 时对诱导率有显著影响,30d 时出现极显著影响。

3. 铁皮石斛试管苗的移栽

(1)移栽基质对试管苗移栽成活率的影响。

不同移栽基质中铁皮石斛试管苗的移栽成活率及苗的生长情况见表 9,由结果可知,移栽基质对铁皮石斛试管苗移栽成活率和苗的生长情况有非常重要的影响,采用水苔作为移栽基质移栽成活率最高,达 96.67%,且苗高、茎粗壮,叶色浓绿。树皮和碎木块组合(1:1),因透水性和透气性过大而导致成活率较低,上覆水苔可大大提高移栽成活率(95.00%),苗的生长情况也相对较好,苗粗壮,叶色浓绿。锯末和沙子的比例对试管苗移栽成活率有很大影响,以锯末:沙子(3:1)为佳,但上覆水苔后由于基质透水性太差,导致根烂死,移栽成活率大大降低,苗也较矮小。单独采用水苔作为移栽基质移栽成活率虽然最高,但成本较贵且栽培一年左右要重新更换基质,不利于苗的后期生长。综合成本和苗的生长情况,可选择树皮:碎木块(1:1)组合,上覆 1cm 厚的水苔作为移栽基质。

(2)移栽方式对试管苗移栽成活率的影响。

以树皮:碎木块(1:1)组合,上覆 1cm 厚的水苔作为移栽基质,进行不同

移栽方式对铁皮石斛试管苗移栽成活率的影响实验,单株移栽和丛栽试管苗移栽成活率及苗的生长情况见表 10,从实验结果可知,铁皮石斛试管苗移

表 6 侧芽诱导最佳培养基中纳米 TiO_2 对侧芽诱导的影响

添加浓度 ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	侧芽诱导率(%)			出芽数 (个)	侧芽高度 (cm)
	10d	20d	30d		
CK(0)	27.58±2.27	93.38±3.26	100.00±0.00	2.03±0.15	1.97±0.18
T5	29.70±1.82	100.00±0.00	100.00±0.00	2.52±0.19	1.75±0.22
T10	28.05±2.81	93.75±3.88	100.00±0.00	2.10±0.30	1.59±0.24
T15	25.17±3.20	90.03±3.72	94.78±3.34	1.90±0.10	1.36±0.17
T20	23.28±2.06	86.12±5.45	92.33±4.62	1.73±0.13	1.34±0.13

表 7 侧芽诱导最佳培养基中纳米 SiO_2 对侧芽诱导的影响

添加浓度 ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	侧芽诱导率(%)			出芽数 (个)	侧芽高度 (cm)
	10d	20d	30d		
0	27.58±2.27	93.38±3.26	100.00±0.00	2.03±0.15	1.97±0.18
S5	29.23±1.98	100.00±0.00	100.00±0.00	2.50±0.20	2.42±0.24
S10	28.12±2.21	100.00±0.00	100.00±0.00	2.45±0.15	2.50±0.21
S15	28.03±2.17	96.26±3.26	100.00±0.00	2.20±0.18	2.56±0.15
S20	27.45±2.89	94.60±3.41	100.00±0.00	2.07±0.21	2.67±0.12

表 8 MS 附加最佳激素组合培养基中纳米 TiO_2 - SiO_2 组合对侧芽诱导的影响

添加浓度 ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	30d 诱导率 (%)	LSD 检验		30d 出芽数 (个)	LSD 检验		生长情况
		0.05	0.01		0.05	0.01	
CK(0)	85.29±2.88	b	A	1.17±0.16	a	A	较好
T5-S5	94.72±2.45	a	A	1.48±0.11	a	A	较好
T5-S10	92.75±3.31	a	A	1.42±0.20	a	A	较好
T10-S5	96.15±2.78	a	A	1.54±0.19	a	A	差
T10-S10	92.16±3.23	a	A	1.39±0.16	a	A	最差

注:小写字母表示 $\alpha=0.05$ 显著水平,大写字母表示 $\alpha=0.01$ 显著水平。

表 9 移栽基质对试管苗移栽成活率的影响

移栽基质	成活率(%)			高度 (cm)	生长情况
	15d	30d	90d		
水苔	100.0	96.67	96.67	6.89	最好,苗高,茎粗壮,叶绿
锯末:沙子(1:1)	88.33	75.00	58.33	4.91	最差,苗矮小,瘦弱,生长慢
锯末:沙子(2:1)	91.67	84.50	70.00	5.23	较差,苗矮小,瘦弱,生长慢
锯末:沙子(3:1)	97.33	91.67	88.54	6.50	较好,苗高,但稍瘦弱
树皮:碎木块(1:1)	81.67	78.33	78.33	5.87	稍差,苗正常,但瘦弱
锯末:沙子(3:1),上覆水苔	83.33	71.67	60.00	5.54	较差,苗矮小,生长缓慢
树皮:碎木块(1:1),上覆水苔	100.0	95.00	95.00	6.80	较好,苗高,茎粗壮,叶绿

栽采用丛栽的方式较好,移栽 90d 后丛栽苗的移栽成活率比单株移栽增加了 28.34 个百分点,苗高增加了 1.74cm,植株长势较强、苗粗壮、叶色浓绿、新发蘖数多;单株栽种的苗长势较差,苗矮小,多数苗与移栽时差别不大。由此可知,铁皮石斛具有较明显的群体效应,丛栽效果比单株栽好。

三、栽植技术与基地建设

生产上已实现组培苗出瓶第 2d 直接移栽定植,移栽之后 45d 分蘖长新芽率达到 90%以上,成活率从原来的 30%提高到 95%以上。生长 18 个月后植株长度可达到采收规格。

我们先后开展了不同栽培基质(图 3~4)、不同栽植方式(图 5)的试验研究,研究出模仿原生种的生态环境条件,采取“内外遮阳塑膜大棚,架花床高密度无土基质栽培”方式和配套技术措施,获得了铁皮石斛大规模连片人工种植的成功(图 6~7)。目前已完成种植 50 亩,每亩 3.5 万丛(17 万株苗)。

四、讨 论

本文建立了铁皮石斛科学种植的技术措施,具有成活率高、生长快、产量高等特点。按照现代农业设施要求,搭建钢架大棚和钢架花床,无土基质高密度种植方式,扩大了种植规模。

运用组织培养技术初步建立了铁皮石斛良种繁殖体系,但均尚需深入研究探讨,确保优质种苗供应生产,以解决大规模生产所需种苗问题。

铁皮石斛药材质量评价体系有待进一步建立与完善,以监控药材生产各环节,分析评价各影响药材质量的因素。

参考文献

- 1 国家药典委员会编.中华人民共和国药典(2005 年版,一部).北京:化学工业出版社,2005:62.
- 2 张贵君.中药鉴定学.北京:科学出版社,2002:9.
- 3 中国科学院植物志编辑委员会.中国植物志.北京:

表 10 移栽方式对试管苗移栽成活率的影响

移栽方式	成活率(%)			高度 (cm)	生长情况
	15d	30d	90d		
单株	80.00	70.00	68.33	5.15	较差,苗矮小,生长缓慢
丛栽(3株1丛)	100.0	96.67	96.67	6.89	苗高,茎粗壮,生长速度快



图 3 铁皮石斛架花床高密度无土基质栽培

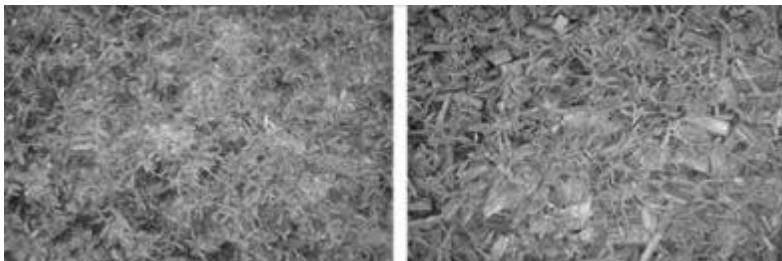


图 4 不同栽培基质种植试验



图 5 不同种植方式试验

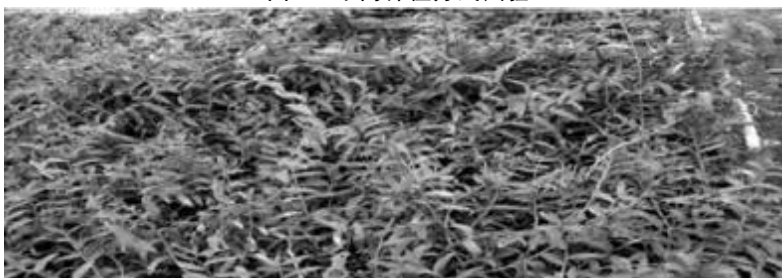


图 6 种植基地 3 年生的铁皮石斛



图 7 种植基地新扩种铁皮石斛生长情况

- 科学出版社,2006,(19):117.
- 4 包雪声.中国药用石斛.上海:复旦大学出版社,2006.
 - 5 袁正仿,张苏峰,远凌威.铁皮石斛高产优质栽培技术.河南农业科技,2004,(2):49.
 - 6 刘钊权.黑节草人工栽培试验初探.西南林学院学报,1990,10(1):68.
 - 7 顾慧芬,忻晓君,周文婷.铁皮石斛试管苗快速生长与栽培研究及多糖含量测定.中成药,1999,21(12):658-659.
 - 8 王康正,范磊,高文远,等.药用石斛栽培的研究概况.中国中药杂志,1998,23(6):340-343.
 - 9 叶纪沟.铁皮石斛试管苗的人工栽培研究.中国药业,2001,10(1):53.
 - 10 朱艳,秦民坚.促进铁皮石斛试管苗移栽成活的研究.中国野生植物资源,2004,23(3):62-63.
 - 11 李铭宗.铁皮石斛的生物学特性和人工栽培.福建热作科技,1999,24(1):29-31.
 - 12 邓君浪,郑宽瑜,赵辉,等.铁皮石斛集约化栽培管理技术.云南农业科技,2005(1):33-34.

GAP Planting of *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. and Its Industrialization Base Construction

Huang Song¹, Liu Xinghua², Liu Hongyuan², Yan Hua¹, Zhang Guifang¹, Liu Junmin¹, Lai Xiaoping¹

(1. Guangzhou University of Chinese Medicine, Guangzhou 510006, China;

2. Guangzhou Yongshengyuan Biotechnology Limited Company, Raoping 515736, China)

Abstract: This study aimed to establish a standardized industrialization base of *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. The morphological characteristics of the original plants were observed and described. The neuter intermediate propagation system was established by plant tissue culture, using the excellent stem section as the explant, and the effects of nano-TiO₂, nano-SiO₂ and the combinations of nanoTiO₂-SiO₂ on *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. were studied in the in vitro culture. The effects of the transplantation medium and method on test-tube plantlet seedlings were also investigated. As a result, *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. was classified into the soft stem and the inflexible stem, as well as the short stem and the long stem, a regeneration system for *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. was set up, and Nano-TiO₂ and nano-SiO₂ were found to be implicated in promoting the lateral buds and rosette buds growth of *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. Meanwhile, different concentrations of nano-TiO₂, nano-SiO₂ and the combinations of nano TiO₂-SiO₂ had different functions in in vitro culture of the *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl. The combined use of low concentrations of nano-TiO₂(5g·L⁻¹) and nano-SiO₂(g·L⁻¹) significantly increased burgeon or promoted the bud growth. It was rather suitable for the induction stage of lateral buds and hoot clumps, but not for the strengthening plantlets and roots stage, because of the inhibition of strengthening seedling and rooting. The survival rate on the 2nd day after the culture reached up to 95% after transplantation, while the tiller germination capacity was up to 90% after 45 days. The plantlets were ready for collection after 18 months. These results may provide technical support for adequate quality, high yield cultivation and industrialization base construction of *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl.

Keywords: *Dendrobium candidum* Wall. ex Lindl.; Good Agriculture Practice (GAP); Industrialization

(责任编辑:李沙沙,责任译审:张立巍)