

剑麻组培苗标准化繁育技术与种植推广

揭进 胡乃盛 李强有 刘伟清 张曼其
(广东省湛江农垦科学研究所 广东湛江 524086)

摘要：本文以生产实践成果为依据，探讨了剑麻外植体材料的准备及消毒灭菌，培养基的配制与灭菌，外植体启动培养、继代培养、生根培养，生根苗炼苗移栽，假植苗培育，种苗的出圃与调运等环节的标准化技术，总结了该技术取得的生产应用成果和种植推广经验。

关键词：剑麻；组培苗；外植体；标准化；繁育技术；种植推广

剑麻 (*Agave sisalana perrine*) 属龙舌兰科 (*Agavaceae*) 龙舌兰属，多年生单子叶草本硬质纤维作物。剑麻是中国独具特色优势的天然优质纤维原料，其纤维的质地坚韧、富于弹性、拉力强、抗撕裂、耐磨、防腐等特性是合成纤维无法替代的，尤其是剑麻纤维具有不污染环境、不易产生静电等优点，被广泛地用于制造生活用品和环保用品。而除剑麻纤维外约占剑麻叶片95%的麻渣汁液可开发的副产品潜力极大，从剑麻渣中提取的剑麻皂素产品，国际市场价格8~9万美元/吨；从剑麻皂素中提炼出的单烯醇酮和双烯醇酮产品，更是国际市场上的医药科技新宠，可配制100多种药物，目前每吨价格可达120~130万元人民币。剑麻经济价值高，综合用途广，发展前景十分广阔^[1-7]。

近年来，中国剑麻种植面积不断增加，但纤维产量却长期徘徊在同一水平，其中主要原因是品种单一及种苗质量参差不齐。新植麻缺乏统一的种苗繁育技术规程，种苗培育混乱，甚至使用劣质苗，助长了早花和病虫害的蔓延，造成剑麻减产甚至整个地区剑麻绝收^[1,6]。2006年冬，剑麻粉蚧在广东湛江地区暴发，伴随紫色卷叶病的大量发生，严重威胁了剑麻产业持续健康发展。

剑麻组培苗是利用组织培养技术，采用性状优良的外植体，在无病无毒的环境中繁育出来的种苗，具有遗传性状相对稳定、种性优良纯正、不带病毒及病原菌、个体均匀、长势一致等优点，是优良的种植材料。种苗繁育也具有繁殖速度快，可工厂化、规模化生产等优

势。因此，发展剑麻组培苗生产对解决剑麻产业存在的问题、实现可持续发展有重要意义。

上世纪70年代后期，采用剑麻叶、腋芽、有性杂交种子来诱导愈伤组织再分化出完整植株，获得了少量剑麻组培苗，但在假植阶段成活率低，大田种植未获成功。随后也有相继报道^[8-13]，利用剑麻茎尖和叶片诱导愈伤组织培育出完整植株，但都未形成规模繁育，也未在生产上应用推广。湛江农垦科研所从2003年底开始剑麻组培苗技术的研究，并获得成功^[14]。该研究于2005年11月通过了湛江市科技局的成果鉴定，并分别获湛江农垦优秀科技进步二等奖、广东农垦“十五”优秀科技成果二等奖和湛江市科技成果二等奖。之后，该所开始批量繁育剑麻组培苗，进行示范种植推广，且不断地提高和完善这项技术。到目前为止，该所繁育的剑麻组培苗，已经推广出口到印度尼西亚种植65万株，推广到揭阳市农垦局与湛江市农垦局等地种植103万株。并具备年产300万株组培苗装备的生产规模。

剑麻种苗生产已经实施了国家级的农业行业标准^[15-17]，但迄今为止，还未见关于剑麻组培苗的标准化生产程序和繁育技术的报道。为加快剑麻组培苗繁育和推广应用，解决常规育苗中存在的问题，促进中国剑麻优势产业持续健康发展，我们对剑麻组培苗标准化的繁育技术与应用推广进行了研究探讨。

1 剑麻组培苗标准化繁育技术

剑麻组培苗 (*sisal in vitro plantlet*) 是指利用剑麻优良品种 (H.11648) 珠芽的茎尖切块或剑麻的器官、组

作者简介：揭进 (1970—)，男，汉族，广东省湛江农垦科学研究所生物技术中心副主任，农艺师，研究方向为植物组织培养。联系电话：13542006897；E-mail：jiejiejin.2006@163.com。

织细胞作为外植体,采用植物组织培养技术,工厂化生产出来的种苗。在剑麻组培苗繁育中,首先要进行剑麻组培苗的外植体材料准备。

1.1 剑麻组培苗的外植体准备

1.1.1 外植体材料

剑麻组培繁育的外植体应采用性状优良的剑麻珠芽作材料。剑麻珠芽是大田剑麻开花结果后,位于花柄离层下方的潜伏芽萌发的芽苗。

1.1.2 选择珠芽的标准

剑麻的外植体材料应从开割10a以上,产期年均鲜叶产量达82.5t/hm²以上,周期产叶600片以上,无病虫害(斑马纹病、茎腐病、紫色卷叶病、蚱壳虫)的麻田中选择H.11648麻的优良植株,采其花轴中部生长健壮、大小一致的珠芽。珠芽规格为叶片数达3片,高度10cm、重量20g以上,自然脱落或人工摇动植株后脱落的珠芽^[15]。

1.1.3 珠芽苗的培育环境

将采集的珠芽苗,假植到温室或网室大棚内原种圃内,培育1~2个月。采用黑色地膜覆盖苗床的形式培育珠芽,有利于保温、保水、保肥,抑制杂草生长,防止泥土溅入苗心而影响苗生长。

1.1.4 外植体材料的预处理技术标准

接种外植体材料为晴天从原种圃中选取高15~20cm的健壮珠芽苗。

预处理技术:在清洁干净的环境下,先切除珠芽的根及底部,再环剥剔除外围叶片,留住头径为1.5~2.5cm的芽茎锥,继续用自来水冲洗干净,然后置于超净工作台上,再切除叶鞘。

1.1.5 材料消毒灭菌与外植体接种

将已经进行预处理的外植体材料用常规组培苗灭菌法灭菌,灭菌后将其切割成2~6块,接种到启动培养基上,然后移到培养室进行启动培养。

1.2 培养基和培养容器

1.2.1 培养基

剑麻组培的各个培养阶段必须选择适宜的培养基,尤其是培养基中的植物生长调节剂(外源激素)使用浓度要适当,并配合适宜的光照、温度和湿度等条件,使培养材料生长发育趋于正常速度。

剑麻组培苗生产宜采用MS作基本培养基,也可以选用改良MS、N6、SH等高盐成分培养基,生长调节剂一般选用6-BA、KT、ZT、NAA、IAA、IBA等。6-BA等细胞分裂素的用量控制在0~5mg/L。NAA等生长素的用量控制在0~3mg/L。

剑麻培养基要根据不同阶段培养的需要而分别配

制,配制好培养基及时进行高温高压灭菌,冷却待用。

剑麻组培的培养基配制及灭菌方法,与其他常规组织培养的培养基配制及灭菌方法基本相同。

1.2.2 培养容器

剑麻组培苗生产的培养容器,在启动培养和增殖培养阶段,常选用200~250mL的组培专用瓶或罐头瓶;在生根培养阶段宜选用长×宽为12cm×13~14cm规格的聚丙烯薄膜袋。经过反复试验和批量试用,在启动培养和增殖培养阶段,使用长×宽为12cm×13~14cm规格的聚丙烯薄膜袋作剑麻组培培养容器,更有利于剑麻组培苗的芽的诱导及增殖培养,并且大大提高了工效,节约了生产成本。因此,建议剑麻组培苗生产中启动培养和增殖培养阶段的培养容器也采用长×宽为12cm×13~14cm规格的聚丙烯薄膜袋。

1.3 剑麻组培苗生产不同阶段培养的技术标准

1.3.1 启动培养

外植体接种到启动培养基后,及时摆放到培养室的培养架上进行有光照的启动培养。培养室的培养条件为温度27±1、相对湿度50%~70%、光照度1500~2000lx、光照时间10~12h/d。一般培养10~15d,启动培养的剑麻外植体开始萌发腋芽。

剑麻组培苗启动接种后,编好株号,第一代的每母株切取1个增殖芽送有关植检部门进行烟草疫霉病、黑曲菌真菌检验,经验证无病的株号其增殖芽方可继续增殖培养;而有病的株号其增殖芽要全部销毁^[16-17]。

1.3.2 继代培养

将启动培养诱导出高5~8cm的剑麻腋芽分切及切除部分尾部,再转入增殖培养基进行继代培养,继续培养形成丛生芽。继代培养室的培养条件为温度26±1,其他条件与启动培养相同。通过不断地进行继代培养,就可以使剑麻增殖芽按几何级倍数增长,获得大量的剑麻芽丛。剑麻组培的继代培养约30d继代1次,每批启动培养材料的继代数(次数)要控制在10代以内。

在剑麻组培中,要特别注意防控玻璃化苗。剑麻组培苗的玻璃化表现为剑麻组培苗生长异常,幼叶和嫩梢呈半透明、水浸状;整株矮小肿胀、失绿;叶片皱缩卷曲,脆弱易断^[14]。

防控措施主要有选择适宜的培养基,尤其植物生长调节剂使用浓度要恰当。增加培养基硬度,适当提高蔗糖浓度,适当降低温度,增加光照和改善培养瓶内通气条件等^[14]。

1.3.3 生根培养

当剑麻组培苗继代培养的丛生芽达到一定数量的增殖芽时,就可从中挑选高3~8cm芽切下接种于生根

培养基中,培养形成具有根、茎、叶的完整植株。剑麻组培苗的生根培养条件为温度 26 ± 2 、相对湿度50%~70%、光照度2000~3000lx、光照时间10~12h/d下,培养10d左右开始出根,约25d后长出3~5条长3cm以上的根。

剑麻组培苗生根培养20~25d,就可将生根苗摆放到炼苗室炼苗7d,当苗达到生根瓶(袋)装苗出苗标准时便可进行移栽。为了培育更健壮的苗,试验改进了生根苗炼苗方式,改为生根苗接种后直接摆放到炼苗室,在自然散射光、温度 25 ± 3 的条件下边促根边炼苗。这样培育出来的剑麻生根苗更粗壮,叶色浓绿,苗移栽成活率更高。

1.4 剑麻组培苗的生根袋装苗(出口)标准

组培袋装生根苗(出口)标准为剑麻苗种源来源清楚、品种纯正、可靠,培养基及材料无真菌或细菌污染,根系白、粗,具有长2cm以上的白色根2条以上,有自然展开叶2~3片,叶色青绿,叶长4cm以上,生长正常不变异^[12]。

1.5 剑麻组培苗的移栽^[15]

剑麻组培苗的移栽主要有穴盘移栽方式和地床式移栽方式2种,其移栽成活率都达到95%以上。穴盘方式移栽的苗较集中,便于管理,但需要的移栽设施和移栽基质较多,且穴盘苗要经过密植培育阶段再到疏植培育阶段;地床式移栽苗可以直接进入疏植培育,所需设施较少。因此,地床式移栽方法易于操作,成本较低,有利于推广。

1.5.1 地床式(床栽苗)的移栽管理

地床式移栽的苗圃选地、整地、基质参照常规密植苗培育方式进行,组培苗移栽的株行距为10cm×10cm,每亩育3.8万株。苗床整好后,床面铺上一层厚2cm的泥炭土或蔗渣。床面铺泥炭土同铺蔗渣方式移栽成活率差异不大,都在95%以上,两者移栽苗的生长速度也基本一致,但蔗渣的价格不到泥炭土(国产)价格的1/2,所以采用床面铺蔗渣方式更利于推广。

1.5.2 床栽苗的出圃标准

剑麻组培苗地床式移栽苗培育约4个月,苗高15~25cm时,可提供给疏植苗圃移栽。出圃标准为新出叶6片以上,叶色青绿不徒长,叶片无病斑或虫咬造成的缺口,也无粉蚧等害虫,假茎粗2.5cm以上,叶片长15cm以上,最新展叶宽2.5cm以上,根系生长良好,无检疫性病虫害,无明显可辨的变异株^[16]。

1.5.3 剑麻组培苗的疏植培育

床栽苗达到出圃标准后便可进行疏植移栽培育,其培育技术及出圃可参照常规种苗的疏植培育进行。

为了缩短剑麻种苗育苗时间,提高剑麻种苗质量,我们探讨了进行疏植阶段培育袋装苗的育苗方式。袋装苗的薄膜袋采用长28cm、宽18cm的黑色薄膜大袋,基质为每100kg表土加入有机肥15kg、石灰0.4kg、过磷酸钙0.4kg、复合肥0.5kg、呋喃丹0.01kg,充分混合后装袋。摆放的苗床宽度为1.2m,每行放5个袋,苗床长度根据地形设计。移栽时将密植苗或床栽苗带根植入袋泥中,稍压实,淋足定根水。移植后及时加强肥水管理,施肥种类、浓度和病虫害防治可参照常疏植苗管理。袋装苗一般培育4~6个月,达到展叶20~23片、高40~50cm、株重1~2kg,即可将苗带袋泥出圃上大田种植。

1.6 剑麻组培苗的出圃、包装、标志、调运^[15-17]

1.6.1 组培袋装生根苗出圃(出口)包装

袋装生根苗在接种时,直接将苗接入规格为12cm×13~14cm聚丙烯袋内培养基,每袋接入生根苗10株。出圃(出口)用纸箱进行包装,纸箱规格为56.5cm×27.5cm×32cm(长×宽×高,内径),每箱放200袋,共2000株。

1.6.2 床栽苗出圃包装

将苗拔出,按品种、级别、苗类分别捆扎。标准为每扎10~20株。

床栽苗宜用竹筐或其他通风透气性能良好的容器,如有孔的木箱或竹箱进行包装,规格为100cm×80cm×60cm(长×宽×高,外径)。

1.6.3 标志

为防止品种混杂,剑麻组培苗出圃,每箱应贴上标签,注明品种、等级、规格、数量、产地、出苗日期等。

1.6.4 调运

剑麻组培苗调运时,要办理好相关植物检疫,检疫证书随车调运,严禁有检疫对象的剑麻苗调入保护区。运输途中严防高温、日晒和雨淋,一般要用有篷车运输。当运到目的地后立即卸苗,并置于荫棚或阴凉处,摊开摆放,及早进行移植。

2 剑麻组培苗的种植推广

2.1 剑麻组培苗出口

广垦剑麻合作项目于2010年开始启动,旨在印度尼西亚宋巴哇岛开展剑麻种植项目。项目所需剑麻组培种苗全部由中方广东农垦按本组培苗标准化繁育技术生产供应。从2010年11月至今,湛江农垦科学研究所供应(出口)到印度尼西亚种植的H.11648剑麻组培苗6批次共65万株(见表1),种苗平均移栽成活率达97.18%。第一批至第三批出口种苗已经出圃,出圃率分别为

表1 湛江农垦科学研究所出口到印度尼西亚的剑麻组培苗情况

出口批次	出口日期	出口数(株)	印度尼西亚方移栽情况(栽后10d检查)		
			移栽数(株)	成活数(株)	成活率(%)
第一批	2010.11.14	50000	45858	45039	98.21
第二批	2010.12.17	100000	98062	93159	95.00
第三批	2011.4.9	100000	97721	94105	96.30
第四批	2011.6.16	100000	93959	93038	99.02
第五批	2011.10.20	100000	98974	96995	98.00
第六批	2011.12.15	200000	未移栽		
合计		650000	434574	422336	97.18

87.29%、92.5%、87.4%。出口的种苗粗壮，长势一致、生长旺盛，移栽成活率和出圃率高，获印度尼西亚合作方的高度好评。

2.2 湛江农垦科学研究所剑麻组培苗大田示范种植试验

为了使剑麻组培苗尽快用于大田生产，湛江农垦科学研究所于2006年4月开展了面积为13亩的H.11648剑麻组培苗大田种植示范试验，研究探讨标准化繁育技术生产的组培苗与常规种苗的对比优势及栽培模式与管理技术，探讨改革传统的育苗制度（密植苗——疏植苗——大田），改为株重1~2kg组培袋苗直接上大田种植。

调查结果及初步结论：植后生长恢复期。组培袋苗为15d，其他种苗为30~45d，组培袋苗缩短15~30d。成活率。组培袋苗与组培裸根苗100%，组培切根苗97.86%，珠芽苗99.7%，常规钻心苗98.3%，常规疏植苗（常规疏植苗植前株重4.1kg，其他苗株重0.32~0.48kg）99.5%，差异虽然不明显，但根系完整的组培苗表现出了优势。展叶数。种植至2007年12月，组培袋苗112.7片，组培切根苗104.2片，组培裸根苗101.9片，珠芽苗103.2片，常规钻心苗101.5片，常规疏植苗101.4片，组培袋苗的展叶数比其他种苗展叶数多长了9~11片，差异极为明显。抗病虫力。2007年12月组培裸根苗、组培切根苗、常规钻心苗各有1株发生茎腐病，根系完整的组培苗未见发病。达到剑麻开割标准时间。组培袋苗种于大田，经2a的培育可达到剑麻开割标准，比珠芽苗、常规钻心苗提早5~6个月开割。该试验后来因徐湛高速公路的修建影响而终止。

2.3 湛江垦区植麻农场剑麻组培苗示范种植

湛江垦区的东方红农场、金星农场、火炬农场、东升农场等单位于2006年从湛江农垦科学研究所提取一批15万多株，高10~20cm的H.11648剑麻组培苗进行疏植培育及示范种植。据调查，组培苗普遍表现为移栽成活率高，植株叶片紧凑、叶色浓绿、叶片数增多，长势良好、整齐，株高、株重和展叶数都优于常规苗。株重0.5~1kg的组培苗，一般经2a大田种植可达到开割标准。组培苗第一刀亩产鲜叶2.5t左右，第二刀亩产鲜叶4~4.5t，产量都比常规苗高。

3 讨论

优选剑麻珠芽作外植体材料，通过植物组织培养技术繁育种苗，可在短时间内大批量繁育剑麻种苗，且能较好地保持优

良剑麻母株的种性，避免遗传分离和种性退化，确保种苗不带病毒，生长一致，种苗质量优良。大力推广剑麻组培苗标准化繁育，对种苗质量更有保障。在剑麻育种工作还不能改变品种单一的现状下，在新植区大力推广种植标准化繁育的优质剑麻组培苗，解决常规繁育种苗存在的难题，是目前较好的对策。培育出高抗、高产、质优的新品种，也可通过工厂化标准繁育剑麻新品种组培种苗，加速其推广应用，从而加快剑麻产业的健康发展。

参考文献

- [1] 陈叶海,蔡泽祺.中国剑麻发展概况与展望[J].中国热带农业,2005,(3):19-21
- [2] 钟文惠.世界剑麻产销概况及中国剑麻产业的发展前景[J].热带农业工程,2003,(3):2-5
- [3] 蔡东宏.中国剑麻业现状和发展对策[J].广西热带科技,2000,(4):20-22
- [4] 蔡东宏.世界剑麻业历史现状及中国剑麻业发展前景和对策[J].福建热作科技,1999,(1):1-6
- [5] 陈叶海,黄治成,赵艳龙.中国剑麻业应对加入WTO策略[J].中国麻业,2002,(3):41-46
- [6] 周文钊,罗练芳.提高剑麻科技创新能力的战略思路[J].中国麻业科学,2007,(29):104-111
- [7] 彭飞荣,黄富宇,覃婵.经济危机对广西农垦剑麻产业的影响及对策探讨[J].广西热带农业,2009(5):62-64
- [8] 张毓梅.剑麻组织培养再生植株研究[J].植物生理学通讯,1982,(3):42-44
- [9] 陆瑞菊,黄剑华,颜昌敬,等.剑麻腋芽离体培养研究初报[J].上海农业科技,1989,(1):31-32
- [10] 彭靖茹,梁立娟,梁月群.剑麻的组织培养和快速繁殖[J].广西热带农业,2003,(4):19-20
- [11] 吕玲玲,易克贤,徐雪荣.H.11648麻高效再生体系的建立[J].中国麻业,2006,(2):79-83
- [12] 陈伟,徐立,李志英,李克烈.剑麻的组织培养和快速繁殖[J].热带农业科学,2006,(6):22-24
- [13] 陈鸿,郑金龙,徐立,易克贤.剑麻叶片愈伤组织诱导及再生体系的建立[J].热带农业工程,2008(12):11-14
- [14] 李愿平,文尚华,揭进,等.H.11648麻珠芽组织培养技术研究[J].中国麻业,2005,(4):184-189
- [15] 剑麻种苗 NY/T 1439-2007,中华人民共和国农业行业标准,2007
- [16] 剑麻主要病虫害防治技术规程NY/T 1803-2009,中华人民共和国农业行业标准,2010
- [17] 浙江省地方标准.DB33/T 752-2009植物种苗组培快繁技术规程.2009,(9)
- [18] 吕玲玲,孙德权,徐雪荣.剑麻组培过程中玻璃化问题的探讨[J].中国麻业,2005,(3):115-117
- [19] 揭进,李愿平,刘伟清.剑麻组培苗移栽管理技术[J].热带农业工程,2010,(2):49-52