

以动物为手段进行岩溶地区 休养再生研究技术体系

赖志强 姚 娜 陈远荣 覃尚民 易显凤 梁永良 覃式泽 编著

TECHNICAL SYSTEMS
OF REVITALIZATION AND RECULTIVATION
ON KARST REGION BY MEANS OF ANIMAL

广西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

以动物为手段进行岩溶地区休养再生研究技术体系/
赖志强等编著. —南宁: 广西科学技术出版社, 2009.4

ISBN 978-7-80763-249-8

I. 以… II. 赖… III. 岩溶地貌—生态系统—环境保护—
研究 IV. P931.5 X171.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第014877号

以动物为手段进行岩溶地区休养再生研究技术体系

作者: 赖志强等编著

出版: 广西科学技术出版社

(南宁市东葛路66号 邮政编码530022)

发行: 广西新华书店

印刷: 广西民族语文印刷厂

(南宁市望州路251号 邮政编码530001)

开本: 889mm × 1194mm 1/16

印张: 11

插页: 12

字数: 341 000

版次: 2009年4月第1版

印次: 2009年4月第1次印刷

印数: 1—1 500册

书号: ISBN 978-7-80763-249-8/X·0

定价: 40.00元

本书如有倒装缺页,请与承印厂调换

前 言

生态环境是人类赖以生存和发展的基本条件,是社会和经济发展的基础。保护和建设好生态环境,实现可持续发展,是我国现代化建设中必须始终坚持的一项基本方针。发挥社会主义制度的优越性,发扬艰苦创业精神,大力开展植树种草,治理水土流失,防治荒漠化和石漠化,建设生态农业,是我国现代化建设事业的重要内容。实施西部大开发战略,加强生态环境保护是西部大开发的根本出发点和切入点。从全国的情况看,黔、滇、桂地区面临的最为严峻的生态问题是岩溶地区石漠化的扩张。

在西南几个省(市、自治区)中,贵州岩溶分布面积为 $1.25 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省土地总面积的 73.6%; 云南岩溶分布面积为 $1.08 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占全省土地总面积的 52.1%; 广西岩溶分布面积为 $9 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占全区土地总面积的 41%; 四川和重庆岩溶分布面积为 $1.7 \times 10^5 \text{ km}^2$, 占两地土地总面积的 30.36%。

近年来我国石漠化面积以平均每年 2500 km^2 的速度快速扩张,并不比沙漠化的扩张速度慢。资料表明,目前贵州岩溶地区石漠化面积已达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$, 1975 ~ 1998 年平均每年扩大 1800 km^2 ; 广西石漠化面积已达 $5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。因此,切实搞好生态环境保护和建设势在必行。

所谓石漠化就是石质荒漠化,主要是指在亚热带湿润区域岩溶发育地区的自然环境背景下,土壤遭受严重侵蚀,基岩大面积裸露,地表呈荒漠化的土地退化现象。据对岩溶地区岩石的分析发现,岩石风化成 1cm 土层,需 1.2 万 ~ 3.2 万年时间,可见岩溶地区的泥土基本上不可能再生,从这个意义上说,石漠化比沙漠化更难治理。石漠化、黄土地带水土流失和沙漠化这三大生态问题同等重要。石漠化的最后阶段,无数山头都是光秃秃的岩石,眼前是白花一片。石漠化地区山高坡陡,土壤浅薄,水源涵养能力差,植被覆盖率低,生态脆弱,不仅生产条件十分恶劣,而且人畜饮水也非常困难,容易造成“越穷越垦,越垦越流失,越流失越穷”的恶性循环,导致石漠化的扩张。同时石漠化地区又是我国贫困人口最集中的地区,也是西南少数民族的聚居区,是我国今后扶贫工作的重点。要使他们摆脱贫困,重要的前提是阻止石漠化的继续扩张,在保证农民基本生活的同时,改善和恢复生态环境。

广西是岩溶地貌发育的典型地区,共有石山面积 $4.72 \times 10^6 \text{ ha}$, 其中裸露石漠化面积近 $3 \times 10^6 \text{ ha}$, 占全区土地总面积的 33.3%。石漠化已成为广西在西部大开发中必须首先解决的生态问题,广西石漠化地区的水土流失必将危及珠江和长江中、下游的安全,如果不抓紧治理,任由石漠化发展,将留给后人一个难以治理的生态难题。近年来虽然采取了一些治理措施,但石漠化面积仍以每年 3% ~ 6% 的速度递增,导致水土流失加剧,生态环境恶化,自然灾害频繁,严重制约了石山地区农业生产的发展,威胁人类的生存发展。随着国家西部大开发战略的实施,中央对西部大开发实施倾斜政策,广西在实施西部大开发战略中已把石山荒漠化的大规模治理列入西部大开发的总体规划中,计划用 10 年左右的时间对石山地区进行综合治理,使生态环境、经济、社会步入良性发展的轨道。

岩溶区由于特殊的岩溶地质作用过程和岩溶环境特征,生态环境十分脆弱,破坏容易重建难,在国内,岩溶区的生态恢复与重建大多利用人工植被法、改良法和工程法。如在典型岩溶峰丛山区——广西马山县古零乡弄拉采取表层岩溶带泉开发和名特中草药种植的生态恢复模式,广西都安县、大化县实施种植山葡萄的生态恢复模式,贵州罗甸县大关开展的地头水柜建设和土地整理的生态恢复模式;在溶蚀丘陵区——湖南龙山县洛塔、贵州毕节地区、湖南永州大庆坪等地开展的以建设水资源综合开发利用工程为纲,土地利用调整线的生态恢复模式;在峰林平原区——广西来宾县小平阳开展的通过区域水资源调蓄和有效利用,结合土壤改良和农业结构调整的生态恢复模式。有些地方实施了节水农业型、林业先导型、异地移土型、上保中治下开发型、单元流域(小流域)治理型、坡面生态工程型、环境移民型等模式。各地还提出了规模性的退耕还林还草和绿化荒山的休养模式。但总体上更注重直接开发利用,而未能针对当地的岩溶生态环境确定何时需要休养重建、什么条件下可以开发,更有甚者直接开展粗放式养殖(尤其是养山羊),以致加速了岩溶区生态环境被破坏。

在国外,针对岩溶区生态环境的恢复、重建与开发,采用的仍是种养模式,但无论是种植或养殖,都是根据岩溶区不同区段的生态环境特点与功能进行的。在表土较薄的高山陡坡区,以种植高经济附加值的林木(如山毛榉、栎木、冷杉等)为主,且禁止放牧;在山腰和丘陵地带,采用种植和可控养殖相结合的模式,种植方面包括牧草、果树和各类林木等,养殖方面包括牛、羊、马、猪、鸡的饲养及其相关产品加工,但养殖是在严格监控的条件下进行的;在山脚、缓坡和低地,则以种植牧草为主并实施围栏轮牧放牧。对于荒漠区,主要通过引种各类耐旱、喜热、速生的植物,如香根草、银合欢、黑松等,在环境有所改善后再根据具体情况和需要,确定进一步保护与开发的模式。

首先提出“Karst”一词(即喀斯特或岩溶)的斯洛文尼亚在几十年前,由于森林覆盖率较低(1945年时不足10%),岩溶区面积所占比例大(约占其国土的44%),全国可耕面积小(约12%),加上过度开发、粗放式放牧等原因,曾一度发生严重水土流失,许多土地几近石漠化,环境遭受较大破坏。然而,自20世纪50年代以来,他们通过一系列生态恢复与重建项目的实施,使其生态环境得到了全面的改善与恢复,逐步实现了自然生态、社会、经济协调发展的新局面。斯洛文尼亚在岩溶地区的生态环境保护、恢复与开发利用方面积累了许多成功经验,如:①在岩溶区生态恢复与重建的不同阶段,采用不同类型的种养模式;②根据岩溶区生态功能特征确定相应的种养方案,在岩溶盆地、岩溶平原区采用牧草、果树栽培和家畜养殖为主体,在岩溶丘陵区以种植牧草、灌木林为主体,在岩溶峰丛山区则以种植高附加值的经济林木为主体;③利用动物繁殖系统和可控放牧技术实现岩溶区的生态重建、休养与开发;④采用可移动式脉冲高压电围栏技术实现可控放牧等。特别是岩溶地区的农牧业研究经验以及将部分种养基地开发为生态旅游观光的开发模式,很值得我们借鉴和学习。

为此,根据中斯两国的国际合作框架协议,2006年9月,应斯洛文尼亚科学技术部的邀请,广西科学技术厅组团赴斯洛文尼亚进行了技术考察,随后在中国科技部、广西科学技术厅和广西水产畜牧局的资助和领导下,与斯洛文尼亚开展了长达6年、题为“利用有益环境的动物繁殖系统进行岩溶地区休养再生研究示范”的国际合作研究。本技术体系即是在该项研究的部分研究成果基础上提出的。

在该项目的研究过程中,得到了原斯洛文尼亚国家农业、林业、食品部部长米兰·博格尼克(Milan Pogacnik)教授,卢布尔雅那大学德拉格米·科班(Dragomir Kompan)博士、教授,马里昂·科达(Marijan Kotar)博士、教授,托尼·威德里(Tone Vidrih)博士、教授,马利亚·科斯克(Marjan Kosec)博士、教授,依伦娜·马克(Irera Marc)博士,麦托德(Metod)博士在技术上的大力支持;得到了广西科学技术厅蒋和生副厅长,广西水产畜牧兽医局卢兆发副局长、百色市副市长杨艳阳,广西科学技术厅国际合作处彭枝处长、张晓飞副处长、赖春武高级工程师,贵港市副市长邓建华,广西水产畜牧兽医局对外合作处处长罗春业同志,桂林市水产畜牧兽医局张冰副局长、李玉元高级畜牧师、朱辉畜牧师,桂林市科技局卢向坚副局长、李旭科长、吴林佳副科长,桂林市奶牛场粟雄场长、涂修巧书记、申德盈书记、曹庆法畜牧师等的密切协调和配合;得到了中国地质科学院岩溶地质研究所著名的岩溶生态学家袁道先院士、蒋忠诚研究员、刘再华研究员、曹建华研究员和我国著名的草学家任继周院士、云锦凤教授、苏加楷研究员等专家学者的指导。值得感谢的还有赖志强研究员的夫人黄金凤同志,在近十年的工作中坚定地支持本项目研究工作。在此,向上述单位和个人致以衷心的感谢!由于时间仓促,水平有限,书中不足之处敬请大家批评指正。

编著者

2008年10月18日

目 录

第一篇 种植技术系统

第一章 试验地地表处理技术	1
第一节 灌木地表处理技术	1
第二节 草地地表处理技术	1
第二章 灌木系统的营建技术	3
第一节 适生灌木品种的遴选	3
第二节 灌木的育苗技术	8
第三节 灌木的栽培技术	13
第四节 不同品种灌木生长与生物量监控技术	14
第五节 灌木系统的管护技术	16
第三章 草地系统的建植技术	19
第一节 适生牧草的遴选	19
第二节 参试牧草品种介绍	25
第三节 不同季节物种播种时机的选择	38
第四节 牧草的直播和混播技术	38
第五节 不同品种牧草生长与生物量监控技术	45
第六节 斯洛文尼亚草种的培育技术	50
第七节 草地系统的管护技术	52
第四章 灌—草结合技术	56
第一节 适生牧草、灌木混种品种的选择技术	56
第二节 牧草、灌木混种的适宜时间和技术	59

第二篇 养殖技术系统

第五章 山羊的圈养技术	61
第一节 羊舍的建设与环境要求	61
第二节 羊的营养需要与日粮配合技术	63
第三节 防疫保健技术	65
第四节 圈养山羊的主要疾病防治技术	67
第六章 肉牛育肥养殖管理技术	73
第一节 育肥牛的选择及适应期的管理	73
第二节 肉牛的营养需要与日粮配合技术	74
第三节 肉牛的规范化饲养技术	77
第四节 肉牛育肥技术	78
第五节 提高肉牛育肥效益的技术措施	81
第六节 牛的常见疾病及防治	83
第七章 牧草青贮和粗饲料加工处理技术	94
第一节 青贮饲料	94
第二节 秸秆饲料	97

第三节 青干草的调制技术	98
第八章 草地放牧技术	99
第一节 轮牧技术	99
第二节 混牧技术	102
第三节 灌木林下放牧最佳时机的选择技术	104

第三篇 保护系统技术

第九章 生物围栏的营建及管护技术	107
第一节 生物围栏的特点	107
第二节 生物围栏建植及管护技术	108
第十章 固定围栏的设立和管护技术	111
第一节 刺线围栏的制作与架设	111
第二节 草地网围栏的架设与安装	113
第十一章 电围栏的管理技术	114
第一节 电围栏的特点及原理	114
第二节 电围栏的安装技术	115
第三节 电围栏的使用及管理技术	117

第四篇 生态监测技术系统

第十二章 生物多样性监测技术	118
第一节 评价指标及参数	118
第二节 监测结果评价	118
第十三章 土壤养分监测技术	121
第一节 植物生长需要的主要养分	121
第二节 评价标准及土壤养分变化特征评价	124
第十四章 土壤特性监测技术	131
第一节 pH 值测试标准和方法	131
第二节 各种植区 pH 值和土壤板结疏松度状况	131
第十五章 水土保持监测技术	133
第一节 水土保持技术	133
第二节 水土保持监测评价	136
第十六章 过度放牧预警技术	138
第一节 放牧对草地的影响	138
第二节 过度放牧的标志和预警	140

第五篇 组织保障及中外交流技术系统

第十七章 组织保障技术	143
第一节 领导组织保障	143
第二节 研究团队保障	143
第三节 野外田间管理保障	143
第四节 协作管理保障	144
第五节 社会协调管理保障	145
第六节 中外合作组织保障	145
第七节 经费使用监督保障	145

第十八章 中外技术及成果交流 146

 第一节 技术交流 146

 第二节 成果交流 147

结语 149

参考文献 150

附件 1 152

附件 2 159

附件 3 164

附件 4 169

第一篇 种植技术系统

第一章 试验地地表处理技术

第一节 灌木地表处理技术

一、地表原生植被

“利用有益的动物繁殖系统进行岩溶地区休养再生研究示范”项目的实施地桂林市郊区奶牛场,地处北纬 $28^{\circ}18'$,东经 $110^{\circ}17'$,地形为低丘地貌与带状开阔地,属于热带季风气候区,年平均气温 18.8°C ,无霜期309天,年均降水量 $1\,873.6\text{mm}$,相对湿度76%。土壤成土母质属于第四纪红土,土种有红壤、红泥土、黄土、炭质黑泥土等四种。其中红壤占总面积的52.2%,土层厚度一般在1m以上,层次不明显,质地黏重,pH值4~4.5,呈强酸性,周边的岩石峰丛呈碱性,有机质含量2.5%~3%,肥力中上。其次为红泥土,占总面积的33.5%,水资源丰富,试验示范面积26.7ha。

试验地分为较平缓的峰林洼地和石山峰丛山边多石缓坡地。缓坡地上杂灌草丛生、野草茂盛,有金樱子、拓树、紫薇、马甲子、类芦、五节芒、白茅、水蕉草等,在人为反复破坏下,原生植被蓬乱竞长,除有一定的保持水土功能外,经济价值较低;峰林洼地已成为天然牧场,生长有白茅、地毯草、菊科植物、狗牙根、狗尾草等。

二、地表处理技术

对有白茅、蕨类、灌木类等低价值杂灌草发育的缓坡平地 and 弃耕地,为了减少这些杂灌草根系对种植林木的水分和养分竞争,减少病虫害的发生,避免直接影响试验树生长量、生物量的监控,在人工林木定植前,需平整土地和清除野生杂灌草,进行试验地地表清理。炼山会引起水土流失,破坏生态平衡。从林区环境保护及维护地力的角度出发,不宜采取炼山方式,进行地表清理时应先把杂草灌丛砍倒,晒干后分散堆积焚烧。草堆不宜太大,这样焚烧时火势小,火烧时间短,火烧面也小,容易控制,杜绝荒山火灾发生。

整地时间可根据具体情况,大体上可以安排在春夏季节,也可以安排在秋季。夏季气温高,深翻耕24cm,采用全翻垡,将杂草翻埋土中,草根在土表。经夏季炕晒,多数一年生杂草可消灭,一些具有根茎、根蘖和球茎的多年生杂草,经炕晒30~40天,再用圆盘耙耙1次,将未死的根茎切入土中。夏季整地消灭杂草,活化土层效果是最好的,但夏季降水量大,雨日多,为机耕操作带来不便。秋天降水量及雨日逐渐减少,这时杂草处于种子成熟阶段,生长势也减弱,深翻耕24cm,全翻垡,杂草及已成熟的种子一并被翻入土中,经过冬天低温、“炕冬”40~50天,多年生杂草大部分被灭除。开春以后气温回升,用旋耕犁或圆盘耙耙1次,消灭刚萌芽的杂草效果较好。再按 $3\text{m}\times 3\text{m}$ 的株行距定点挖坎,并于春季或冬季种植林木。

经过全面整地后,疏松的土地给幼林创造了良好的水、土、肥、光、热等条件,能促进林木快速生长。如果只是挖坎造林,因坑坎的松土面积有限,坑坎周围的原生植被根系发达,具有极强的生存竞争能力,在同等管理条件下,效果会较差。如任豆机耕整地造林时,生长10个月,全垦造林生长高度达284.50cm,比挖坎造林高2.22倍;地径粗2.58cm,比挖坎造林大2.05倍;根总长284cm,比挖坎造林长1.93倍;地上部分生物量为840g,比挖坎造林多3.82倍;地下部分生物量为520g,比挖坎造林多4.33倍。山葡萄全垦造林生长长度达138.20cm,比挖坎造林长2.49倍;地径粗0.46cm,比挖坎造林大6.98%。板栗全垦造林生长高度达106.00cm,比挖坎造林高1.35倍;地径粗1.80cm,比挖坎造林大25.0%。

在坡度大于 15° 的荒坡上以及原生植被影响不大的地区,为了减少水土流失,应尽量采用直接定点挖坎定植方式。

第二节 草地地表处理技术

在人工草地建植前需要对地表进行适当处理。建植前地表处理好坏对今后人工草地的品质、功能、管理等方面都将带来深远的影响。

一、地表清理

地表清理是指在建植场地内有计划地消除和减少障碍物。如在长满树木的场所,应根据需要完全或选择性地伐去树木或灌木,清除不利于操作和牧草生长的石头、瓦砾,清除和消灭杂草,进行必要的挖方和填方等。

二、土壤耕作

土壤耕作是指根据牧草、作物不同生长发育阶段对土壤和环境的要求,采用机械或人工田间作业的方法改变土壤理化性状,建立适宜的耕层结构,调节土壤中的水、肥、气、热状况和微生物活动,消灭杂草及病虫害,从而达到为牧草、作物生育提供良好的土壤环境条件的一系列技术措施。

1. 犁耕

犁耕俗称耕地、犁地或翻地。犁耕是对土壤中的各种性状起着最大影响和作用的田间作业方式,通常是由动力牵引着各种犁型完成的。犁耕对土壤具有切、翻、松、碎和混的多种作用,并能一次性综合完成疏松耕层、破碎土壤、加深耕作层、恢复土壤结构、促进土壤熟化、翻埋肥料、纳蓄降水、消灭残茬和病虫害等多项任务。犁耕的深度要根据当地气候、土壤、作物、机具和劳力等一系列因素来确定。要进行合理深耕,土层深厚的土壤可耕得深些;土质黏重、有机质含量少的土壤不能一次耕得过深,以免把生土翻到上层;旱地耕深可在 20~30cm;种植直根系牧草作物的土壤可比种植直须根系牧草作物的增加耕深 10~20cm,耕作过深或过浅都不利于作物增产。如耕深在 30cm 范围内,随着深度的增加,作物产量明显递增;如耕深在 30~60cm 范围内,随着深度的增加,作物产量增加幅度逐渐减小,一旦超过 60cm 则产量骤减。犁耕的适宜时期一般在前茬作物收获后、后茬作物播种前这段时间内。

2. 耙地

耙地是在再耙后或板结土壤上进行的一种表土作业。耙地的主要作用是疏松表土、平整地面、破碎土块、消灭杂草、混合土肥,并可局部轻微压实土壤等。耙地有利于促进土壤蓄水保墒和牧草饲料作物出苗与生长。深耕后特别需要对土壤进行耙深、耙细、耙匀和耙透的作业,以避免出现土层架空、土块过大、地表不平等现象。耙地的方法有横耙、顺耙、对角耙等。耙地要求在适宜时期内进行,以确保质量和效果。耙地保墒不宜过深,播种前耙地不宜超过播深,否则会因土层过松,种子触土不紧形成吊种或吊根现象,影响发芽和出苗。耙地次数应适当,不宜过多、过频,否则易破坏土壤团粒结构,在干旱地区还会造成水土流失等后果。

3. 覆土

覆土有些地区也称盖土。这是田间进行的一种辅助性表土作业,常在耕地后与耙地结合进行,具有平整地表、踏实土壤、破碎土块、坚实土壤等作用。覆土作业有利于保墒和播种,一般在播前进行。在质地疏松、杂草较少的土壤上,有时犁后可用覆土代替耙地,有时在播后镇压的土壤上还要增加一道覆土作业,以利土壤保墒。播种后覆土还有轻微镇压的效果。潮湿的土壤一般不用覆土,以免压实后土壤板结。

4. 镇压

镇压是借助物体的重力使土壤耕层上部变得较坚实的一种表土耕作措施。一般是通过用有相当重量的镇压器在动力牵引下,对表层土壤进行碾压,使得耕层上部形成紧密层,以便保墒和种子吸水萌发。镇压还具有平土、压土和破碎土块的作用,可以减少因蒸发造成的土壤水分损失,有利于种子与土壤密切接触,进而有利于种子吸水萌发和出苗,并可防止因土壤自陷而对根部造成的伤害。

三、土壤改良

理想的人工草地土壤应是土层深厚、排水性良好、pH 值在 5.5~6.5 之间、结构适中的土壤。然而,南方的土壤类型主要为红壤、赤红壤、砖红壤等,经过长期的自然因素和人为因素的综合作用,这些土壤的性状虽然有了明显的改善,但仍存在诸多缺点。如土壤酸性较强,pH 值较低时活性 Fe、Al 不仅对作物生长产生直接影响,还易与磷素结合形成难溶的磷酸铁铝,降低磷素的有效性。此外,土壤有机质含量低,土壤保肥供肥能力差,加上酸性条件加速了 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 等阳离子的大量流失,作物所需营养元素缺乏,土壤质地黏重,结构不良,物理性质差。因此,必须对土壤进行改良。

土壤改良的程度因建植草地的基础条件不同而异,但总的目标是使土壤形成良好结构,并在长期恶劣

的环境中仍然保持其良好性状。

改良土壤性状的方法很多,如实行精耕细作、种植绿肥、增施有机肥、合理轮作等栽培措施,而在土壤中加入改良剂则是快速改善土壤环境的有效途径之一。

目前大量研究证明,施入土壤改良剂后可调节土壤酸碱平衡,为作物提供适宜的生长环境。在酸性土壤上施用适量含石灰或石灰石粉类的改良剂,能不同程度地提高土壤的 pH 值,但必须注意不能频繁地施用石灰,在施用石灰改良剂的同时应与其他碱性肥料(如草木灰、火烧土等)配合使用,以防止土壤板结及复酸化程度的提高。

土壤中重金属离子的生物有效性一般随 pH 值的升高而下降。有关研究表明,土壤中重金属 Cd^{2+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Pb^{2+} 的溶解度与土壤 pH 值的高低有很大关系,土壤 pH 值越低,这些重金属的溶解度就越大、活性越高。据研究,土壤改良剂降低重金属生物有效性的机理是通过改变土壤 pH 值,增加吸附位点或促进重金属离子与土壤其他组分(包括改良剂本身)的共沉淀来实现的。研究表明,石灰在提高土壤 pH 值的同时能够降低受污染土壤中 Cd、Zn 的活性,减少作物对 Cd、Zn 的吸收。

国外的研究结果表明,使用沸石、石灰和白云石作为土壤改良剂不仅能够显著改善酸性土壤的化学性质,降低土壤酸度和活性铁、铝的含量,减轻铁、铝毒害,提高养分的有效性,同时还能提高土壤盐基饱和度以及土壤对养分的保持能力,改善作物的营养条件。

土壤改良剂一般不采用像砂那样的“单质”,在生产中通常使用的是大量合成的改良剂如泥炭等。泥炭在细质土壤中可降低土壤的黏性,并能分散土粒。在粗质土壤中,可提高土壤保水、保肥的能力,在已定植的草地上则能改良土壤的回弹力。

其他一些有机改良剂如锯末等也能起到泥炭的作用,但各有特殊点,应视具体情况而使用。

第二章 灌木系统的营建技术

第一节 适生灌木品种的遴选

一、引种、选种

为了扩大种质资源,增加本地的优良树种,在严防有害生物入侵和把好检疫关的前提下,须引进一些国外优良品种。因此本项目引进了日本的山茶、碧桃、枇杷、西洋梨、红梅、板栗(利平品种)以及澳大利亚红番石榴、泰国柚、美国甜杨桃、大叶速生槐 10 个品种。

通过 4 年的栽培试验,初步得出山茶、碧桃、板栗、大叶速生槐等尚能适应当地的气候、土壤条件,营养期生长良好,花期正常开出鲜艳花朵,速生槐和板栗正常结果。速生槐生长迅速,年生长高度 212.8cm,地径粗 4.08cm,鲜叶年产量 4 329.00kg/ha,但耐寒力较差,寒冷低温时嫩枝叶全部受冻害,遇霜雪时受冻死亡,根兜不能再生。因此,在霜冻前应在全树砍平,用地膜全面覆盖,四周用新土封压,经过越冬保暖后,翌年春地膜化解,树兜萌发新芽,此时趁春雨地湿,松土施肥,每树施复合肥 0.05kg,夏季便速生成林。日本板栗(利平品种)抗逆性强,长势好,病虫害少,种后 3 年正常开花结果,果实饱满,最大粒重 50g,平均粒重 47.5g,风味佳。日本的西洋梨、红梅、大枇杷以及澳大利亚红番石榴、泰国柚、美国甜杨桃最后被淘汰。

二、乡土树种对比试验

在试验中使用的乡土树种,各个树种都表现出各自的适应性、速生性和丰产性,树龄 3 年时,构树生长高度为 9.20m,地径粗 7cm,生物量(饲料)18kg/株;银合欢生长高度为 7.50m,地径粗 8.6cm,生物量(饲料)5.70kg/株;任豆生长高度为 10.50m,地径粗 9.00cm,生物量(饲料)4.50kg/株;阴香树生长高度为 30m,地径粗 2.53cm,生物量(饲料)0.85kg/株。

三、遴选获得的优良饲料树

1. 任豆(*Zenia insignis* Chun)

任豆属苏木科落叶大乔木,别名任木、砍头树、翅美木。

【植物学特征】

高可达30m,胸径1m。幼树皮薄,灰褐色,老时棕褐色、纵裂。羽状复叶奇数,小叶矩圆状,披针形,先端渐尖,基部圆,叶背被白色柔毛,膜质。圆锥花序,紫红色,花梗有褐色短柔毛。荚果椭圆状矩形,棕褐色,网纹明显,长10cm,膜质,不开裂。种子扁圆形,茶褐色,具蜡质光泽。花期4~5月,果期7~8月。

【生物学特性】

①速生性。林草间种时,当年直播造林的幼树生长比天然同龄林大5倍,3年生幼林平均高6.36m,胸径5.97cm,在好的立地条件下,平均高可达10.6m,胸径11.3cm,基本郁闭成林。

②萌芽力强,更新容易。任豆的顶芽、腋芽和不定芽的萌生力特别强,截顶或采伐后,能迅速抽发新枝,易于长成新的植株和树冠。据测定,10年生以上大树采伐后,伐根单株萌发新枝19~23条,1年生新枝高达7.32m,胸径8.5cm。因此只要采伐迹地加强管护,就会很快恢复成林。人工促进天然更新也比较好。在有零星母树的宜林地上垦荒,自然落下的种子能发芽成苗,一般每亩有幼树100株左右,最多可达300余株,经过精心养护便能成林。在广西的平果、马山、天等等县都有生长较好的天然林。

③根系穿透力强。任豆根系发达,主根深,穿透力极强,能通过岩缝孔隙向土层深处下扎,遇到疏松土壤时便迅速扩展,1年生幼树根幅即达1.24m。主根深1m左右,须根密集分布在耕作层8~25cm之间。该时根系生物产量约占全树生物总量的27%。其强大的吸收器官,保证了地上部分的速生快长。

【生态环境】

①对气候条件的要求。任豆在广西年平均温度16℃以上、年降水量1036mm、极端最高温39.9℃、绝对最低温-5.6℃的石灰岩山区均能生长,是热带、亚热带树种中较耐热抗寒的优良树种之一。

②对土壤的要求。任豆对土壤的适应性较强,在石灰岩风化而成的各类土壤,无论碱性、中性或酸性均能生长,耐干旱瘠薄,而在土质黏重的低湿地方栽种时未老先衰,多发病虫害,难以成林。

③对光照条件的要求。任豆是阳性树种,不耐荫蔽,一般在杂木林内天然更新不良,当森林植被遭受破坏后,便成为石山先锋树种。

【生态分布】

任豆主产广西西南部。广东、湖南南部、云南、贵州也有分布。

【经济价值及其利用】

任豆是多用途树种,集木料、燃料、肥料、饲料于一身,被誉为“四料树”。

①木料:任豆木材色淡黄,结构细密,纹理美观,容易加工,经过水浸处理后可防虫蛀,是建筑、家具良材,木屑是生产食用菌原料。

②燃料:任豆燃烧性能好,烟少无臭味,木材热值为19816kJ/kg,是石山区的主要燃料。

③肥料:任豆叶含氮0.31%,易腐烂,落叶可增加土壤肥力,头木林下实行林粮间种,可以达到“山上栽树,林下粮丰”的效果。

④饲料:任豆嫩叶富含营养。据分析,任豆干物质含量为93.87%,其中含粗蛋白质24.14%,粗脂肪8.99%,粗纤维17.80%,无氮浸出物37.06%,粗灰分5.88%,钙1.28%,磷0.18%。由此可见,任豆是高蛋白类树种。在广西石山区,群众有用任豆嫩枝叶圈养牲畜的传统习惯。任豆是提供蛋白质饲料的重要树种之一。此外,它的段木和木屑是培养香菇、木耳、银耳、凤尾菇、猴头菇的好材料。

2. 银合欢 [*Leucaena leucocephala* (Lam) Dewit cv. Salvador]

银合欢别名白合欢、萨尔瓦多银合欢。

【植物学特征】

常绿灌木至小乔木,根瘤菌发达,一般高6~8m,最高可达20m,胸径6~20cm。树皮表面粗糙,皮孔明显,浅褐色。嫩枝青绿色,被柔毛,后脱落。羽状复叶偶数二回,羽叶5~17对,小叶11~17对,小叶长约2cm,宽约5mm,披针形,全缘,中脉偏斜;总叶柄具腺体。头状花序腋生,球形,直径2.5~3cm,具长柄;每花序有小花160多朵,雄蕊10枚伸出,每序有10余朵花发育结果。荚果带状草质下垂,薄而扁平,长约25cm,褐色,每荚有种子25粒左右,成熟时自然开裂掉落。种子扁卵形,褐色,具蜡质光泽。一年2次开花结果,第一次开花在3~4月,结果在5~6月;第二次开花在8~9月,结果在11~12月。

【生物学特性】

①速生性。用20~30cm高的苗于7月上山定植,翌年10月测定,15个月龄树高平均3m,最高达3.2m,地径5cm。

②更新容易。银合欢萌生力强,采割后萌发抽枝多,当树高1.5m时春日平砍,留干高30cm,当年10月单株萌发新枝7条,最高达1.8m,地径2cm,并每年可割4~6次,连续多伐采割不衰。银合欢天然更新良好,据观察,在5龄树下距主干1.7m范围内的地面上,每平方米有小树837株。最大树高达1.6m,最小树高也有0.35m。

③根系穿透力强。银合欢根系十分发达,主根粗壮,直立向下穿透力强,1年生幼树根深达1~2m,而且具根瘤菌和菌根,对增强幼林自养能力有非常重要的作用。

【生态环境】

①对气候条件的要求。银合欢多分布在海拔300~1500m,海拔2000m以上少见,在降水量500~1800mm的地区均能种植。

②对土壤的要求。银合欢对土壤要求不苟,适于微碱至微酸性土壤,在岩溶石山和土山都能种植,以在肥沃的冲积土上生长最好。

③对光照的要求。银合欢属阳性树种,能耐一定的荫蔽,密林下生长不良。

【生态分布】

银合欢原产于墨西哥,后传入菲律宾、印度尼西亚、澳大利亚、美国。在我国西沙群岛、台湾、福建、海南、广东、广西、云南、四川均有栽培。

【经济价值及其利用】

银合欢是一种多用途树种,集饲料、肥料、燃料和木料于一身,有很大的开发利用价值。

①高蛋白饲料树。银合欢是优良饲料树种之一,嫩枝叶产量高,每年采割4~5次,鲜嫩茎叶产量达37.5~45t/ha。其营养价值高,叶片干物质粗蛋白质含量达26.83%~28.16%,比其他豆科牧草高7%~68%,此外还含有丰富的氨基酸、胡萝卜素、多种维生素和微量元素。

②优良肥料树。银合欢具有发达的根瘤菌,能吸收固定空气中的氮素为植物所利用,还能与菌根菌共生,从植物根际周围的无磷区吸收磷和分解与土壤结合不易吸收的磷素,以满足植物生长的需要。其嫩枝叶富含养分,分析表明,含氮0.6%、磷0.08%、钾0.53%,因此,银合欢有良好的自养和肥地的功能。

③纸浆材树种。银合欢纤维素含量达48.1%,是热带、亚热带适生区具有前途的造纸原料树。3年生短轮伐期纸浆林,年产干材18~21m³/ha,最高可达25m³/ha。

④能源树。银合欢易着火,火力旺,无异味,不爆火花,热量高,热值为:干材19644kJ/kg、硬枝19414kJ/kg、叶21646kJ/kg、皮18602kJ/kg、根18908kJ/kg。通过物理和化学加工,能生产热值高、污染少的木炭和石油。由此可见,银合欢是一种优良的能源树。

⑤其他用途。银合欢材质优良,硬度适中,纹理细密,容易加工,刨面光滑,是制作工艺及家具的良材。段木和木屑是培养香菇、木耳、银耳、凤尾菇、猴头菇等食用菌的好原料。

3. 构树[*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent]

构树属桑科植物,别名沙纸树、楮树、咪沙、沙皮树。

【植物学特征】

落叶乔木,有乳汁。树高16m,胸径60~70cm。树皮富含纤维,暗褐色,平滑或浅裂。小枝具棕色凸起的皮孔,嫩时密被柔毛。单叶互生,纸质,宽卵形或长圆状卵形,先端渐尖,长6~20cm,宽5~18cm,不分裂或不规则的2~5裂,基部偏斜,边缘有粗锯齿,叶面粗糙,叶背密被柔毛,网纹凸起;叶柄长2~10cm,被柔毛;托叶大,长三角形。花单性,腋生,雌雄异株;雄花为柔荑花序,长6~8cm,花被片和雄蕊各4枚;雌花头状球形,白色,直径1cm,花柱和柱头伸出。聚合果球形,肉质,直径2~3cm,果熟时红色,种子近圆形,黄褐色。花期3~5月,果期8~9月。

【生物学特性】

①速生性。用苗高34.40cm,地径粗0.68cm,上山定植时,3年生树的树高9.2m,地径粗7.00cm。

②易萌芽易更新。构树萌芽力和根蘖性强。无论平地砍伐或是头木断顶及露地侧根均能萌发。伐桩一般抽枝3~5条,冬春砍伐,同年秋季时萌高达1.2~1.6m,地径2cm左右,最高可达2m,当年即恢复成林。

③根系发达。构树根系特别发达,苗期主根膨大成纺锤状,侧根系分布幅度广,网络状。构树在中性和酸性土壤中生长,喜钙,在石灰岩石穴土或悬崖峭壁上均能扎根生长。生长在土壤肥沃的菜园边及水沟旁都能长成大树,土质差的立地条件则长成灌木状或长成小乔木。

④适应性广。构树能耐南方的高温,也耐北方的霜雾,能在不同气候地区正常生长发育,开花结果。

【生态分布】

构树分布范围广,日本北海道、欧洲的斯洛文尼亚以及越南、印度均有分布。我国各地都能见其生长,北自华北、西北,南至华南、西南均有分布。

【经济价值及其利用】

构树是广西山区群众开发利用最早的树种之一,它的经济价值常见于饲料、造纸,发挥了明显的经济效益、社会效益和生态效益。

①高蛋白饲料。构树叶粗蛋白质含量为25.15%,不低于大豆,是大米、玉米的3.14倍,是小麦的2.09倍;还含有粗脂肪3.58%、粗纤维10.07%、磷0.30%,是岩溶地区山区群众的传统饲料树种。构树枝叶柔软,无毒,适口性好,猪、牛、马、羊、兔、鸡等畜禽均喜食,且饲喂效果显著,喂养增效达46%~108%。在广西南宁市以构树叶为饲料养猪的“生态猪肉”,售价比一般猪肉每千克高出4元左右,供不应求。

②特长纤维原料。自古已有用构树皮造纸,由于它的纤维长,加工容易,是生产高级纸张的上等原料。广西大化县贡川乡贡川村800多户农户中有40%的农户有生产砂纸的作坊,全乡年产砂纸400t,产值800多万元,从业人员人均收入2200元。原料充足,加上生产能力强,技术和管理水平较高的农户人均收入可高达8000元。该乡的砂纸畅销全国各地,远销东南亚各国、日本和欧美等地。

③其他用途。构树全株可入药。种子性凉,为强壮剂,具有清肝明目、补肾壮肾之功效;根皮性平,为上好的利尿剂;叶味甘性凉,有利尿、止血之功效。种子油是生产润滑剂和油漆的原料。此外,剥皮造纸后剩余的枝干材热值为18929~19196kJ/kg,燃烧性能好,无臭,无异味,是农村能源的重要来源之一。

4. 桑树(*Monus alba* L.)

桑树属桑科植物,别名白桑、家桑、桑树。

【植物学特征】

落叶灌木至乔木,树高可达10~15m,胸径达50cm。树皮厚,灰褐色或黄褐色,具不规则的浅纵裂。幼枝有柔毛或光滑。单叶互生,卵形或卵圆形,长5~10cm,宽4~8cm,先端尖或钝,基部近心形或圆形,叶缘有粗锯齿或不规则分裂,背面叶脉被疏毛。花雌雄异株,腋生;雄花为柔荑花序,长2~3.5cm;雌花为穗状花序,长5~12mm。聚花果球形至圆筒形,长1~2.5cm,果熟时暗紫色。种子黄褐色,粒小。

【生物学特性】

桑树为喜光性树种,幼树能耐荫蔽,桂桑优12号和桂桑62号具有群体整齐、壮枝发达、生长旺、节间密、长叶快、发芽早、落叶晚和抗旱能力较强、叶片大、叶肉厚、产量高的特点,每公顷年产量为2000~3000t。

【生态环境】

桑树适生性广,在酸性土或钙质土、砂壤土及冲积土上均能生长,尤以水肥充足的地方生长最佳,叶产量最大。

【生态分布】

我国桑树栽培遍布全国各地。广西是我国主要桑蚕产地之一,以南宁、柳州、贵港、来宾、河池五大桑蚕区种植面积、鲜茧产量最大,2004年广西鲜茧产量位居全国第二。

【经济价值及其利用】

①饲料用。一直以来桑叶都作为养蚕的饲料,随着畜牧事业的迅速发展,利用桑叶饲养畜、禽已得到各地生产者的重视。桑叶营养丰富,干叶粗蛋白质为22%,粗脂肪为6%,粗纤维10%,可溶性碳水化合物约为75%,钙、磷等含量也很高。营养成分与苜蓿相近,比禾本科牧草高80%~100%,比热带豆科牧草高40%~50%。桑叶饲喂畜、禽适口性好,家畜首次接触桑叶时,很容易接受它而无采食障碍,当家畜已经熟悉桑叶,

会首先采食桑叶,后采食其他饲草及树叶。山羊对桑叶的干物质采食量很高,每天可达其体重的4.2%;桑叶作为乳母牛的补充料,能提高奶产量并降低饲料成本;作为幼犊牛的补充料,可以节约乳或代乳料的消耗量,并促进犊牛瘤胃的生长发育;在产蛋鸡日粮中添加桑叶粉,可以改善蛋黄颜色,提高单蛋重和产蛋量,还能显著降低禽粪中氮的排放量。

②药用。桑全树均可入药,是中医常用药,其根皮有润肺止咳、利尿之功效,用于治疗肺热咳喘、面目浮肿、尿少等症;桑枝有祛风除湿、利关节的作用,常用于肩臂、关节酸痛麻木的治疗;桑叶有散风热、清肝明目的作用,常用来治疗风热感冒、咳嗽、头晕头痛、目赤肿痛等;桑椹能补肝益肾、养血生津,常用于治疗头晕目眩等症。

【栽培方式】

桑树采用种子、硬枝扦插和分根育苗均可。定植时,要根据其叶片大、侧枝多、产量高的特点,密度不能过大,以每667m²5000株为宜。桑树杂优品种耐水肥,采取深沟种植,一般沟深35cm,施足土杂肥,浅栽,定植回土至根颈原土痕处,扶直踩实。

5. 大叶速生槐(*Cassia alata* Linn.)

大叶速生槐为直立灌木,总状花序顶生,直立,荚果具翅。原产美洲,已引种于国内,其苞叶和花芽与花瓣具有同样鲜明的黄色,因而整个花序有较高的观赏价值。同时,它也是重要的药用植物,做缓泻剂,种子有驱蛔虫之功效。

【植物学特征】

常绿灌木,高1.5~3m。羽状复叶长30~50cm;叶柄和叶轴有狭翅;小叶6~12对,倒卵状长圆形,长8~15cm,总状花序顶生或腋生;花梗甚长;花冠黄色。夏季至翌年春季均可开花,盛花期在秋季。荚果圆柱形,有翅,冬季至翌年春季成熟。

【生物学特性】

喜光,喜高温湿润气候,适应性强,耐半荫,不甚耐寒,不耐强风,宜植于日照充足和通风良好的地方,只需土层深厚,即可生长。

【生态分布】

原产于美洲热带,世界热带地区多有栽培。

【栽培方式】

可播种繁殖,也可于春末秋初用当年生的枝条进行嫩枝扦插,或于早春用头年生的枝条进行老枝扦插。

6. 阴香[*Cinnamomum burmannii* (Nees) Bl.]

阴香属于樟科樟属,别名山玉桂、野玉桂、香胶叶。

【植物学特征】

阴香树皮灰褐色至黑褐色,有近似肉桂的气味。幼嫩枝梢的气味近似檀香。叶不规则对生或散生,革质,卵形至长椭圆形,顶端短渐尖。花绿白色,组成近顶生或腋生的圆锥花序。果实卵形,果托具有半残存的花被片。花期3月,果期冬末。

【生物学特性】

阴香喜阳光,喜温暖至高温湿润气候,适应性强,耐寒抗风和抗大气污染,在土层深厚、疏松、肥沃土地上生长较快,全日照或半日照都能适应。常生长于肥沃、疏松、湿润而不积水的地方。自播力强,母株附近常有天然苗生长。

【生态分布】

适应范围广,在中亚热带以南地区均能生长良好。广泛分布于广东、广西、江西、福建、浙江、湖北和贵州等地。

【经济价值及其利用】

阴香树冠伞形或近圆球形,株态优美。宜做庭园树和道旁树。阴香对氯气和二氧化硫均有较强的抗性,为理想的防污染绿化树种。另外,它还是重要的经济植物肉桂的砧木。可做庭院风景树、路树,是广西推广栽植的优良绿化树种,又是多树种混交伴生的理想树种。又为用材、芳香及药用(树皮)树种。

【栽培方式】

用播种繁殖,可分大田育苗和容器育苗两种。最好是两者结合进行,可培育壮苗和提高产苗量。

大田育苗:育苗地宜选择在半阴半阳、地势平坦的环境,以排水良好的沙质壤土或轻壤土为好。地选好后,先深翻一遍。在3月上旬至中旬做床撒播,覆土1.5~2cm。苗床宽宜1.3m,高15~20cm,以便管理。发芽后50天左右幼苗高4~5cm时进行间苗,保持合理密度。

容器育苗:容器规格在15cm×15cm×15cm左右。营养土以黄心土80%、火烧土15%~17%、磷肥3%~5%拌匀后装袋呈带状摆放。带宽1.3m左右,带与带之间应留0.3~0.4m的管理道,便于间苗、补苗、除草、松土。

容器育苗有两种方法:一种是将种子直接点播入袋,在3月左右进行,每袋2粒,长出幼苗高约5cm时按“去劣留优”的原则保留1株。另一种是先大田培育幼苗,待幼苗高4~5cm时移入容器培育,每袋育1株。

幼苗期要适当遮阳,保持苗床湿润。容器育苗发现缺株、死株要及时采用同龄壮苗带土补种。定根后注意及时除草,浅松土、施肥1次。施肥宜淡、薄,防止灼伤苗木。苗高达30~50cm时可出圃定植。

第二节 灌木的育苗技术

一、根瘤菌接种

1. 根瘤菌的意义

自然界蕴藏着丰富的氮素,在大气中约有4/5是氮气,但是这些氮都是以游离态存在,一般情况下植物不能直接利用。而根瘤菌却可以利用空气中游离的氮素,称之为生物固氮。人工合成的氮素化合物提供给作物的仅占6%左右,作物所需的大部分氮素则需要依靠生物供给,所以积极利用根瘤菌对生产有着极为重要的意义。

2. 根瘤菌剂的制备

根瘤菌的分离,在植株开花之前,选取叶色浓绿、根瘤大且多的植株根系。将采回的根冲洗干净,挑选出大且红润的根瘤,连小根一起剪下,在无菌室内放入75%酒精中消毒3~5分钟,再把根瘤移入0.1%升汞溶液中消毒3~5分钟,最后用无菌水冲洗多次,除去残存的消毒液。用镊子夹住根瘤,用消毒刀把根瘤切开,用接种环从根瘤切面上蘸取根瘤液,在YMA刚果红培养基平板上画平行线,然后将已画线的培养皿放在25~30℃条件下培养,一般快生型的根瘤菌3~5天出现菌落,慢生型的根瘤菌7~10天才出现菌落。根瘤菌的菌落圆形,边缘整齐,稍有凸起,不吸色或微吸色。挑选单菌落于YMA刚果红培养基斜面上,置28℃下培养,长成后即得到所需要的根瘤菌。再经鉴定,接种试验,最后确定是否为优良菌株,为制备高质量菌剂奠定基础。

根瘤菌剂一般有液体和固体两种。液体培养就是用已分离的优良菌株接种在克氏瓶斜面上,长好后刮取菌苔接种到液体培养基内,经过通气培养得到菌悬液,即成液体根瘤菌剂,便可以直接用来接种育苗。根瘤液体菌剂随制随用,但贮存不方便,菌的存活时间短,所以一般都制成固体菌剂。方法是将液体菌剂吸附在经过灭菌的草炭上,保温培养3~5天,根瘤菌在其中大量繁殖,也是提高菌剂含量的一种好方法。固体菌剂若需要长途运输,包装时含水量一般保持在25%~30%为宜,温度不能太高,否则容易发霉变质。

3. VA菌根

内生菌根是菌根中最普遍的一种类型。世界上大约90%的有花植物以及蕨类植物、苔藓植物都具有菌根。内生菌根真菌常在植物根皮细胞间或细胞内形成泡囊(Vesicular)或丛枝体(Arbuscular),也有两者兼具,故又称之为VA菌根,几乎分布在世界各地。VA菌根真菌在分类学上属于藻状菌纲毛霉目。孢子体较大,多呈圆形或近似圆形,直径为0.1~0.75mm,其构造包括泡囊、丛枝、菌丝、孢子和孢子果等。植物被VA菌根感染后,根的外部形态很少或几乎没有发生变化,只有通过染色技术在显微镜下方可检查出植物根是否受到VA菌根真菌的侵染。因为VA菌根菌一般不能离开寄主植物独立生存,再加上菌根研究工作起步较晚,到目前为止,VA菌根真菌不能进行离体培养,必须从土壤中收集孢子或用含有内生菌根真菌种体的土壤和植物根系进行繁殖。

4. VA菌根的制备

制备VA菌根菌种,首先要分离这类真菌孢子,方法有湿筛、漂浮、柱析和离心等。经常采用的是湿筛倾

析法,其操作步骤如下:

(1)VA 真菌孢子的分离(湿筛倾析法)

①称取待测试植物根际土样 100g,置于烧杯 A 内,加入 400~500ml 清水,浸泡 10~30 分钟,待土块完全分散后进行搅拌,再静置 20 秒钟,使石砾和杂物下沉,将悬浮液倾入孔径为 0.75mm 的筛子内过滤,收集滤液于烧杯 B 中。

②剩下在烧杯 A 中的沉淀物用上述同样方法加水搅拌、静置、过滤,重复 3 次,滤液一起倒入烧杯 B 中。烧杯 A 的沉淀物可以弃之。

③搅拌烧杯 B 中的悬浮液,静置 10 秒钟后,倒入孔径为 0.25mm 的筛子内过滤,滤液收集于烧杯 C 中,再用上述方法处理烧杯 B 中的沉淀物,重复 3 次,烧杯 B 的沉淀物可以弃之。

④烧杯 C 中的沉淀物静置 10 秒钟后,倒入孔径为 0.06~0.1mm 的筛子内过滤,大于 0.1mm 以上的孢子全部留在筛子上面。弃掉过滤后的液体和烧杯 C 中的沉淀物。

⑤将孔径为 0.25mm 和 0.1mm 筛面上的所有物小心地洗入另一个烧杯 D 内。如果水分太多,可以倒入垫有尼龙绸布的布氏漏斗中,过滤掉多余的水分,再洗涤并将尼龙绸布上的孢子小心地冲到小烧杯中或培养皿内,置于显微镜下观察。

⑥在显微镜下用细针把所看到的孢子、孢子果等从沙粒或杂质中拨出来,然后用毛细管将孢子一个一个地吸到垫有干净滤纸的培养皿中备用。

⑦留在孔径为 0.75mm 筛子面上的植物根段,可通过染色后,在显微镜下计算出该植物 VA 菌根的感染率。

(2)VA 菌根真菌的繁殖

因为 VA 菌根真菌至今不能在人工培养基上获得纯培养,菌种的繁殖和保存主要是通过植物活体进行。其操作如下:

①将土和沙按 3:1 混合后装入直径为 10~15cm 的瓦盆内。

②连盆带土用高压蒸汽灭菌,1MPa 下保持 1 小时,冷却后,盆中土壤水分保持在田间持水量。

③将已挑出的 VA 菌根真菌孢子,用 0.5%次氯酸钠处理 20 分钟,再用无菌水洗几次。若采用已感染的植物根做接种体时,需将根系剪成 0.5~1mm 的小段,用 0.5%次氯酸钠处理 20 分钟,再用无菌水冲洗。

④在灭菌的盆土中打 3~5 个眼,将灭过杂菌的真菌孢子用毛细管吸入 15~20 个孢子,滴入每个眼孔内,再将灭过菌的催芽种子(三叶草、苏丹草、苜蓿)数粒播入眼孔内,种面盖土,保持湿润。1 个月后,植物根系发达,便可感染 VA 菌根真菌,菌根真菌孢子数量也随之增多,成为新的接种体。值得注意的是,孔眼不要打得太深,种面盖土不宜过厚,使种子的根能在一发芽就接触到孢子,植株破土成苗。

(3)VA 菌根感染率的测定

测定 VA 菌根的感染率,不仅可以验证人工菌根化的效果,同时也可以利用这种方法选择较为理想的接种体。其操作步骤如下:

①清洗新鲜载体小根外的泥沙,放入 10%~15% KOH 溶液中,在 90℃水浴锅中加热 1 小时,冷却后倒出 KOH 溶液,用清水冲洗干净,再用 1mol/L HCl 将根系酸化几秒钟。

②将根材料放在 1%曲力本蓝(或棉兰)乳酸酚液中,在水浴上加热 3~10 分钟,冷却待检。

③倒掉多余染液,并用不带色素的乳酸酚液洗多次,再将小根整齐排放在载玻片上,滴上乳酸酚液后盖上载玻片,即可观察。

④仔细观察每个根段,按下式计算。

$$\text{感染率} = \frac{\text{受侵染根段数}}{\text{观察根段数}} \times 100$$

感染率越高,说明菌根真菌接种效果越好,便可作为优良的接种体在育苗中使用。

5. VA 菌根促进植物生长的原因

(1)扩大植物的营养吸收面

植物从土壤中吸收营养,主要靠吸收根上的根毛,而根毛寿命很短,一般在形成后几天便自然死亡,待

吸收根不断生长再形成新的根毛代替死亡根毛,才能恢复吸收功能,因此植物吸收营养的能力小而且不稳定。一旦植物吸收根菌根化后,菌根便代替了根毛,在土壤中吸收营养物质。菌根外围有菌套外延菌丝,这是菌根的主要吸收器官。这些菌丝套、外延菌丝、菌索在土壤中纵横交错,形成了稠密的菌丝网。菌索在土壤中可以延伸到 5~10m 之外,在这些菌索上还有大量分枝,据估计,在 1g 土壤内含有菌丝的长度可达 40m,而这些菌丝体的吸收功能通常可以达几个月甚至一年时间才衰退。所以,形成了菌根的植物其吸收面积要比没有菌根、仅靠根毛吸收面积大得多,使吸收水平提高,并且吸收性能稳定,松树菌根化后,其总吸收能力为没有菌根化的 9 倍,所以有菌根的植物能得到充足的养料和水分,叶色翠绿,植株生长迅速。

(2) 增强植物对磷素及其他元素的吸收作用

土壤中一般都含有相当多的磷素,但土壤中的 PO_4^{3-} 很不活跃,移动缓慢,容易被 Ca^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 等金属离子固定,或与土壤中的胶体结合,变成难溶性的磷,植物不能吸收。据分析,土壤中有 1/3~1/2 的磷是不可吸收态,有的土壤中不可吸收态达 95%~99%,仅有极少磷能供给植物吸收。由于磷素在土壤中移动缓慢,所以与营养根接触的土壤周围由于可溶性磷已被吸收,而补充液中含磷量很少,致使根周围出现 1~2mm 宽的无磷圈,而菌根的菌丝可以超越无磷区,把圈外(离根表面 75mm 远)的磷素吸收供给植物利用。

同时,菌根真菌还可分泌磷酸酶,把不溶性磷转变为可溶性磷,加速植物根系对磷的吸收。据 Horley Mccready(1950)用同位素磷测定具有发育良好菌根套的山毛榉菌根,其单位面积对磷的吸收是无菌根的 2.8~8.9 倍。越是贫瘠的土壤,菌根对磷和其他营养元素的吸收越显著。这对我国南方土壤普遍缺磷的地区,特别是红壤地区意义更大。

(3) 菌根真菌产生生长激素和生长调节素

大多数菌根真菌能产生生长刺激素,如吲哚丁酸、吲哚乙酸或吲哚丙酸等吲哚类的化合物,当它们含量在 0.05~50 $\mu\text{g/L}$ 浓度时,可促进根系分支,增加地上部分的生长量。

菌根真菌还可以产生细胞分裂素,在浓度达到 1~10 $\mu\text{g/L}$ 时,可促进皮层细胞增大,提高植物地下部分的生长量。在温度升高时,细胞分裂素分泌增多,促使植物地上部分生长快;温度下降时,细胞分裂素分泌减少,而吲哚类化合物分泌增多,植物根系生长快;这两类激素对植物生长起着调节作用。菌根真菌还可以产生赤霉素、维生素 B 等生长调节剂。

(4) 提高寄主植物的抗病能力

大多数试验和观察说明,VA 菌根对许多寄主植物有一定的防病作用,例如将有 VA 菌根的美国鹅掌楸幼苗放在有引起根腐病的帚状柱枝孢(*Cylindrocladium scoparium*)病原菌中培养 3 个月,根部发病率比无菌根要少 50%,且很少出现苗木死亡现象(Barnard,1997)。VA 菌根的抗病机理目前还不十分清楚,从许多试验分析,其防病作用可能是:①菌根根际微生物区系的防护作用;②产生抗生物质或抑制剂的生物化学作用;③ VA 菌根细胞内碳水化合物含量减少,对病原菌的发育起到抑制的作用。

(5) 提高植物的抗逆性

菌根真菌能抵抗土壤中的极端温度、湿度和 pH 值,由这些菌根真菌所形成的菌根植物适应能力也相应提高。菌根真菌对土壤中的重金属形成的毒性物质也有较强的抵抗能力。经过菌根化的幼苗,在矿区废地上造林,成活率比普通苗高。

(6) 改良土壤结构

菌根真菌在土壤中形成庞大的菌丝体体系、菌索、厚垣孢子、子实体等,从而增加了土壤有机质的含量,改变了土壤的团粒结构。菌根根际微生物种类增多,活动力增强,也有利于土壤中有有机物质和矿物质的分解和利用,改善了土壤肥力,促进了林木的生长。

(7) 根瘤菌、VA 菌根菌联合接种的作用

我国南方广泛分布着红壤,面积达 $1.17 \times 10^6 \text{km}^2$,占全国土地总面积的 12%。红壤的特点是缺磷、铁、氮,有机质含量少,偏酸,对植物生长不利。银合欢具有和根瘤菌、菌根菌共生的特点,其能固氮和释放土壤中难溶解磷素的独特功能,使植物获得速生长快的效果。

据广西林业科学研究院曹季丹 1986~1988 年的研究结果表明,采用根瘤菌和 VA 菌根菌联合接种培育银合欢苗,比对照区生长的苗木高增加 20%,地径增加 70.5%,地上部分鲜重增加 125%,干重增加 144%,