

林业工程师实验技术手册

董智勇 主编

中国林业出版社

林业工程师实验技术手册

董智勇 主编

中国林业出版社

(京) 新登字033号

林业工程师实验技术手册

董智勇 主编

中国林业出版社出版 (北京西城区刘海胡同 7 号)

新华书店北京发行所发行 昌黎县印刷厂印刷

850 × 1168 毫米 32 开本 16.875 印张 572 千字

1994 年 9 月第 1 版 1994 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册 定价: 14.50 元

ISBN 7-5038-1055-6/TB·0225

编者名单

编辑委员会

主任：董智勇

成员：张桦龄 张观礼 罗又青 穆信芳 黄 铨 孟庆武
修贵金

主 编：董智勇

副主编：张桦龄 张观礼 罗又青 穆信芳 黄 铨 孟庆武

编著者（按正文出现先后顺序排列）：

祁丽君	李文铤	许慕农	黄敏仁	刘 萍	彭幼芬	周银莲
尹伟伦	刘祚昌	王沙生	欧国菁	张万儒	关继义	陈喜全
陆鼎煌	宋兆民	任宪威	王九龄	汪祥森	金子明	李滨生
钱耀明	郑世锴	陈国海	王礼先	张锡津	赵文霞	黄兢芳
李天生	曾大鹏	李镇宇	严静君	陈昌洁	王士坤	任 玮
王海林	张孚允	李国猷	顾万春	廖桂宗	贾乃光	张培果
朱德俊	李裕国	孙司衡	李留瑜	宋新民	于璞和	陈振杰
马建维	潘立兴	刘茂田	李怀玉	李克渭	李运畴	洪 伟
唐守正	陈华豪	袁嘉祖	李文锦	郑治刚	顾凯平	曲春宁
常 昆	詹昭宁	胡佃有	穆信芳	李炳铁	蒋伊尹	杨连清
张懿藻	沈熙环	黄 铨	何 方	朱之悌	宋廷茂	陶章安
于淑兰	黄东森	韩一凡	李文彬	李向辉	马常耕	潘志刚
陈天华	张建国	柏章良	吴 燕	张佩昌		

序

这是一本为林业科技人员编写的实验技术工具书。新中国成立以来，党和政府十分重视林业建设，林业科技事业也有了显著发展，许多科技成果的推广应用，促进了林业建设的健康发展。但是与林业发达国家相比，我国林业科技工作还有不少差距。应该看到，当代蓬勃发展的科学技术，出现了许多新学科和新技术，特别是近20年来，电子信息技术、生物技术、新材料技术等高科技的迅速发展，对世界各国国民经济和社会发展带来巨大的变化。事实证明，科学技术在生产力的发展中起着决定性的作用，完全符合邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”的科学论断。

依靠科技振兴林业，是一项战略任务。林业部负责科技管理的领导有鉴于此，由董智勇同志组织有关司局组成一个编委会，编写了《林业工程师实验技术手册》，藉以使全国林业科技人员提高科学技术水平，切实贯彻“科技兴林”的战略任务，努力使林业建设达到一个新的水平。

编委会从全国科研教育和勘察设计等单位邀请了80多位既有较高的科学造诣，又有实践经验的教授、专家分别负责撰写专题，由编委会细心编排成书，是一本比较系统的科技著作。谨嘱撰写序文，缓述数语以资祝贺。

吴中伦

1992. 8. 20

前 言

科学技术是第一生产力。发展和提高科学技术是发展生产力，促进经济建设，增强国力的重要方面。当今，科学技术正以前所未有的速度向前发展，我国的林业科学技术也同整个科技界一样，新科学、新技术、新手段、新方法不断丰富和发展着林业科学领域，并且首先在科研战线，然后在教育和林业生产中逐步被推广应用。

更新知识，不断充实和提高专业科学技术水平是广大林业科技人员的共同而迫切的愿望。为了满足中级以上科技人员对当今林业科技方面的新科学、新技术、新手段、新方法知识的需要，我们组织编写了这部《林业工程师实验技术手册》。

为了使本书能够较全面系统地介绍当今林业科学工作中应用较多而又较先进的实验技术、手段和方法，对一些基本的测试手段和方法也作了适当的介绍。全书内容分为五部分 168 个专题。第一部分，实验技术，68 题；第二部分，试验设计，24 题；第三部分，数据处理，28 题；第四部分，遗传育种，21 题；第五部分，经济分析技术，27 题。

为了确保本书的科学性、先进性和权威性，每个专题都请该学科的专家撰稿，参加本书撰稿的包括中国林业科学研究院、北京林业大学、东北林业大学、南京林业大学、中南林学院、西北林学院、林业部调查规划设计院等单位的 80 多名专家。本书的组织、审稿、定稿工作均是在以董智勇同志为主任的编委会领导下进行的。虽然历经二年多的工作，但由于本书涉及的学科多、范围广，组织和审稿工作均有一定的难度，因

而存在缺点和不足之处在所难免，希望广大读者指正，以便再版时予以补充和修订。

本书编委会

1992. 7 .

目 录

实 验 技 术

1. 植物涂布法与压碎法制片技术.....	(1)
2. 木材切片制片技术.....	(3)
3. 植物石蜡切片制片技术.....	(5)
4. 树木染色体常规压片技术.....	(12)
5. 植物化学成分的预试.....	(14)
6. 植物化学成分的提取.....	(18)
7. 植物化学成分的分离.....	(22)
8. 植物中总生物碱含量的测定.....	(30)
9. 油料植物含油量和植物油成分的测定.....	(32)
10. 植物中单宁含量的测定.....	(38)
11. 植物中维生素 C 的测定.....	(40)
12. 植物可溶性糖及淀粉含量的测定.....	(41)
13. 植物黄酮类化合物(芦丁)含量的测定.....	(46)
14. 叶片蒸腾强度的测定.....	(46)
15. 光合作用强度的测定.....	(48)
16. 叶绿素含量的测定.....	(51)
17. 植物组织中氮含量的测定.....	(52)
18. 植物组织中蛋白质含量的测定.....	(54)
19. 植物组织中钾含量的测定.....	(56)
20. 植物组织中磷含量的测定.....	(58)
21. 冷害和冻害对植物组织损伤程度的测定.....	(59)
22. 花粉活力及花粉萌发能力的鉴定.....	(60)
23. 根系活力的测定.....	(61)
24. 土壤密度、容重的测定和孔隙度的计算.....	(63)
25. 土壤自然含水量的测定.....	(65)
26. 土壤吸湿水含量的测定.....	(69)

27. 土壤最大吸湿量的测定	(70)
28. 土壤最小持水量的测定	(72)
29. 土壤毛管持水量的测定	(76)
30. 土壤饱和持水量的测定	(77)
31. 土壤稳定凋萎含水量的测定	(79)
32. 凋落物中粗灰分的测定 (干灰化法)	(80)
33. 土壤有机质含量的测定	(80)
34. 土壤活性有机质的测定	(82)
35. 土壤全氮的测定	(83)
36. 土壤有效磷的测定	(85)
37. 土壤速效钾的测定	(88)
38. 土壤酸碱度和水溶性盐含量的测定	(91)
39. 土壤有效锰、铜、锌和铁的测定	(96)
40. 苗圃小气候观测	(106)
41. 宜林地小气候观测	(111)
42. 农田防护林小气候观测	(115)
43. 城市绿地小气候观测	(117)
44. 树木物候观测	(120)
45. 山地造林调查	(123)
46. 平原区造林调查	(128)
47. 盐碱地造林调查	(130)
48. 风沙区造林调查	(134)
49. 林木根系调查方法	(136)
50. 杨树深栽造林技术	(143)
51. 除草剂的使用方法	(145)
52. 小流域水土保持规划方法	(150)
53. 水土流失观测技术	(153)
54. 小流域治理效益评价	(157)
55. 森林植物病害的诊断	(160)
56. 植物病原真菌及细菌的分离和培养	(164)
57. 林木真菌病害标本的采集和制作	(168)
58. 林木虫害调查	(171)
59. 林木虫害预测预报	(173)
60. 林木病害预测预报	(176)

61. 林木病害防治效果调查.....	(179)
62. 林木虫害防治效果调查.....	(180)
63. 天敌昆虫在害虫防治上的应用.....	(185)
64. 病原微生物在害虫防治上的应用.....	(187)
65. 昆虫性信息素在防治林业害虫中的应用.....	(189)
66. 造林地病虫害调查及防治.....	(192)
67. 造林地鸟兽害调查和防治.....	(193)
68. 次生林经营.....	(197)

试 验 设 计

1. 拉丁方设计.....	(201)
2. 裂区试验.....	(206)
3. 正交试验设计.....	(212)
4. 试验地选择与区划.....	(217)
5. 随机区组试验设计.....	(220)
6. 平衡不完全区组的试验设计.....	(225)
7. 林木抚育间伐技术.....	(231)
8. 回归估计.....	(235)
9. 比估计.....	(241)
10. 双重抽样法.....	(246)
11. 简单随机抽样.....	(252)
12. 分层抽样.....	(255)
13. 点抽样.....	(260)
14. 二阶抽样.....	(261)
15. 森林资源连续清查.....	(264)
16. 航空象片的森林郁闭度测定.....	(270)
17. 航空象片的林木株数测定.....	(272)
18. 航空象片上地形高差量测.....	(278)
19. 航空象片上树高的测定.....	(282)
20. 航空象片上方位角的量测.....	(283)
21. 航空象片上坡向和坡度的量测.....	(287)
22. 航空象片上树冠直径的测定.....	(290)
23. 利用航空象片区划林班.....	(292)
24. 航空象片的小班轮廓勾绘.....	(293)

数 据 处 理

1. 主分量分析	(295)
2. 主坐标分析	(297)
3. 数量化方法 I	(300)
4. 数量化方法 II	(304)
5. 数量化方法 III	(308)
6. 一元线性回归	(312)
7. 多元线性回归	(317)
8. 逐步回归	(321)
9. 双重筛选逐步回归	(323)
10. 判别分析	(325)
11. 直接模糊聚类分析	(327)
12. ISODATA 模糊聚类分析	(331)
13. 广义模糊综合评判模型	(334)
14. 线性规划	(338)
15. 模糊线性规划	(343)
16. 等时序数列 GM (1,1) 预测模型	(348)
17. 不等时序数列 GM (1,1) 预测模型	(351)
18. 费尔哈斯预测模型	(355)
19. 马尔柯夫链预测模型	(358)
20. 森林资源预测模型	(361)
21. 森林资源动态仿真模型	(367)
22. 地位指数表	(370)
23. 数量化立地质量评定表	(377)
24. 森林生物量测定	(381)
25. 分布模型和干曲线方程预测林分材种出材量	(384)
26. 叶面积的测定和叶面积指数	(394)
27. 林分生长量和枯损量的测定	(396)
28. 航空象片数量化林分蓄积量表	(398)

遗 传 育 种

1. 母树林	(403)
2. 选择育种程序	(408)

3. 选择指数.....	(410)
4. 用材树种的优树选择.....	(416)
5. 经济林优树选择.....	(419)
6. 采穗圃.....	(421)
7. 林木种子产量的预测预报.....	(424)
8. 林木种子检验.....	(426)
9. 林木种子贮藏技术.....	(430)
10. 切枝杂交技术.....	(432)
11. 树上杂交技术.....	(435)
12. 抗性育种.....	(437)
13. 人工种子.....	(439)
14. 体细胞杂交.....	(442)
15. 同功酶的聚丙烯酰胺凝胶电泳.....	(444)
16. 基因直接转移技术.....	(447)
17. 性状预测.....	(448)
18. 无性系育种和无性系测定.....	(451)
19. 林木引种技术.....	(454)
20. 种源试验与种源选择.....	(455)
21. 花粉技术.....	(458)

经济分析技术

1. 林业技术经济效果的评价.....	(463)
2. 比较分析法评价技术经济效果.....	(465)
3. 投入—产出分析.....	(467)
4. 技术经济价值评价法.....	(469)
5. 决策程序.....	(471)
6. 决策目标.....	(472)
7. 世界银行项目评估概述.....	(474)
8. 财务评价的几个基本概念.....	(477)
9. 项目评估中的财务评价.....	(479)
10. 财务评价的分析方法.....	(481)
11. 林产工业项目财务评价分析案例.....	(486)
12. 项目经济评价的概念.....	(488)
13. 经济评价中的成本与效益的几个概念.....	(490)

14. 经济评价中成本项目的调整.....	(492)
15. 经济效益的确定.....	(494)
16. 国民经济评价的价格调整.....	(496)
17. 影子价格与消费者愿付代价.....	(497)
18. 国内价格法对经济评价价格的确定.....	(498)
19. 用口岸价格法确定经济评价中的价格.....	(500)
20. 用调整价格法确定评价价格.....	(502)
21. 主要经济评价指标的选择.....	(504)
22. 不确定性分析.....	(507)
23. 盈亏平衡分析.....	(508)
24. 敏感性分析.....	(511)
25. 决策系统概述.....	(513)
26. 群体决策的组织行为分析.....	(515)
27. 决策技术.....	(517)
28. 森林资源经济评价方法.....	(524)

实验技术

1. 植物涂布法与压碎法制片技术

1. 涂布法

涂布法是一种非切片的制片方法。方法简便，对于单细胞植物、小形群体藻类、细菌以及高等植物较疏松的构造如花药等都很适用。特别是在细胞学上对染色体形态和数目的观察应用较多，效果很好。

(1) 基本技术

①涂布法所用的载玻片必须用化学方法清洁，否则涂上的材料会脱落。

②所用固定液因材料和研究目的而异，一般常用的固定液有纳瓦碘氏液、卡诺氏液等。固定时可将固定液倒入培养皿中，在皿内放置两段小玻璃棒或U形玻璃棒，以便将涂布的玻片安置其上。除用固定液固定外，还可将涂片置于空气中，晾干后在甲醇中固定1—3min或进行热固定，即将涂片面向上，在酒精灯上来回烤3次，其温度以载玻片触手背不感灼热为度。

(2) 制片程序 下面以花药涂布制片为例，说明其制片步骤。

①将花药（较大者可取一部分）置载玻片中央。

②用清洁而锋利的小刀压在花药上面向一边抹去，使其中的花粉散出，使之成为一薄层，均匀分布在载玻片上。

③立即把涂布好的片子反转，以水平方向放入固定液的培养皿的玻璃棒上，使涂布面同时与固定液接触，以避免材料被固定液冲掉。涂布后放入固定液的时间不能超过4s。

④涂布固定后可先在显微镜下检查，如合适可按各自制片的目的进行染色、脱水、透明及封藏或不封藏。染色方法可参照下述各法。

2. 压碎法

压碎法是将植物幼嫩材料如根尖、茎尖、花药等压碎在载玻片上的一种非切片的制片方法。该方法简便，可做临时的或永久的封片，是细胞学及遗传育种学上常用的方法之一，也是观察染色体的常用方法。

(1) 花药的醋酸洋红压碎法 该方法是将杀生、固定和染色联合在一起的方法。

①将花药置载玻片上,在材料上加一滴醋酸洋红,然后用玻璃棒一端将材料轻轻压碎,均匀分散后盖上盖玻片。

②将载玻片在酒精灯上烤几次,其温度以不灼手为度。

③在盖玻片一侧滴加45%醋酸,进行脱色,之后在其对侧用滤纸将盖玻片下的醋酸洋红吸掉,代之以无色的醋酸,用滤纸吸去多余的醋酸。

④用石蜡或甘油胶将盖玻片四周封起来。置于冰箱中,可观察1—2周。

(2) 根尖的龙胆紫压碎法

①固定与离析 取根尖 2mm 长置于固定离析液(95%酒精与6NHCl等量混合)中,材料与固定离析液体积比为1:20,约10min后,待根尖软如豆腐时,转入70%酒精中保存待用。

②取上述保存之根尖置载玻片上,加一滴0.2%龙胆紫水溶液于材料上染30—60 s。

③用滤纸吸去多余染液,并加一滴蒸馏水,盖上盖玻片,用玻璃棒一端轻轻敲击,使根尖细胞均匀分散地铺于盖玻片下,即制成临时制片。

(3) 卡宝染色压碎法

①预处理 取根尖 2mm 立即放入对二氯苯饱和液中2—3 h,蒸馏水洗2—3次。

②固定 卡诺固定液4—8 h,蒸馏水洗2—3次。

③离析 6NHCl 5—8min,直至根尖软如豆腐,蒸馏水洗3次。

④染色 将上述根尖放入染碟中,用滤纸吸干根尖上的水,倒入卡宝染液染色 20—30min,略洗一下。

⑤压碎 将根尖置载玻片上,用镊子将其压碎,盖上盖玻片,用玻璃棒一端轻轻敲击,使材料均匀分散铺于盖玻片下,即可镜检观察(如染色效果不佳,可在酒精灯上稍加热以促进着色)。

⑥封藏 选出合适的片子在冰冻致冷装置上冷冻 10min,用镊子揭去盖玻片,用加拿大树胶封片。

3. 几种试剂配方与配制方法

(1) 纳瓦兴氏固定液

甲液		乙液	
10%铬酸	15ml	福尔马林	40ml
冰醋酸	10ml	蒸馏水	60ml
蒸馏水	75ml		

使用前，将甲乙两液等量混合。

(2) 卡诺氏固定液

纯酒精 3 份或 95% 酒精 3 份，冰醋酸 1 份。

(3) 醋酸洋红染液

冰醋酸 90ml，蒸馏水 110ml，洋红 1g

冰醋酸与蒸馏水加热至沸，将火焰移去后立即加入洋红，迅速冷却过滤，并加入醋酸铁或氢氧化铁（媒染剂）水溶液数滴，直至溶液变为葡萄酒红色为止。铁剂不可加入过多，否则洋红会沉淀。

(4) 改良的卡宝染液

原液 A 3g 碱性品红溶于 100ml 70% 酒精中（可长期保存）。

原液 B 10ml A 液 + 90ml 5% 苯酚水溶液（两周内用）。

原液 C 55ml B 液 + 6ml 冰醋酸 + 6ml 38% 甲醛（可长期保存）。

染色液 10—20ml C 液 + 90—80ml 45% 醋酸 + 1.5g 山梨醇（置两周后使用）。

（祁丽君）

2. 木材切片制片技术

木材切片制片技术是研究木材构造的重要方法。木材及其它硬组织的切片，要比草本植物困难得多。最主要的原因是这些材料要比草本植物坚硬得多。木材切片方法很多，常用的方法是滑走切片机切片法。

1. 仪器及试剂

滑走切片机、甘油酒精（甘油与 50% 酒精等量混合）、甲苯、梯度酒精（50%、70%、85%、95%、纯酒精）、加拿大树胶（溶于甲苯中）、1% 番红水溶液、0.5% 固绿 95% 酒精溶液。

2. 材料的选择

作木材切片时可选用新鲜的木质枝条或茎，也可选干燥的木材，但必须注意以下各点。

(1) 选择年轮宽度适中的木材，它可代表植物的一般生长情况。

(2) 选边材而勿选心材，因心材中有许多填充体或含多量树脂和油类等，往往使切片的组织模糊不清。

(3) 专门研究木材用的切片材料，应以茎干为主，不宜用枝代替，更不宜用树根代替。

(4) 木材的切片，必须有下列三种切面：

横切面 可以观察自内向外各层细胞的排列及细胞的形状。

径切面 可以观察自上向下各层细胞的排列、细胞的长度、两端的形状以及射线的高度。

弦切面（切向切面） 可以观察自上向下各层细胞的排列、细胞的长度、两端的形状以及射线的高度与宽度。

3. 材料的处理

（1）分割 木质枝条可分割成 3cm 长之小段，茎或干燥木材则应分割成长方体的小块，其大小应不超过切片机夹物部口径的大小（约长 2cm，宽、高各 1.5cm）。

（2）空气的抽除 将分割后的材料投入冷水中，然后再煮沸。反复进行几次后，材料即沉入水底。此时即表示空气已全部除去。

（3）软化 将已除空气之材料，浸入甘油酒精中 2—3 天。软化时间因材料而异，其具体程度要试切后才能确定。

4. 切片

（1）材料固定 软化后的材料，若为木质茎干或枝条可用小方木块或软木塞，纵切为二，根据材料形状在木块切口处挖空，将材料夹于其间，然后紧紧夹于切片机的载物台上；若材料为木材或茎干小块，则可直接夹于切片机的载物台上。

（2）切片刀的安装 切片刀应平而锋利，刀体为一面平另一面斜的较为适用。安装时切片刀应紧紧地装在刀架上，切面刀应与材料切面成一锐角，刀口安装约成 5°—10° 的角度；

（3）切片厚度调节 调节切片机上的切片厚度。调节器至需要的厚度，一般约 20 μ ，不同观察目的可选不同的切片厚度。

（4）切片 用毛笔在材料及刀刃上刷加蒸馏水，用右手推动切片机滑动块，使刀由后移向前方。切片刀过材料时，用力必须均匀并且要快，否则切片厚度就不一致。

（5）切好的片子可用毛笔移入水或 70% 酒精中保存，切片完毕后，取下切片刀擦干，涂上凡士林保存在刀盒中备用。

5. 染色、脱水、透明、封藏

一般观察用的木材切片可不必染色，因为如果染色不佳，反使构造混杂不清。例如纹孔，不染色的切片反比染色的清楚。所以专门研究木材构造的学者往往不喜欢染色，但染色也有其重要价值。现介绍一种常用的染色方法——番红-固绿二重染色法。

（1）将保存在水中的切片移入小培养皿中或小称量瓶中，倒入 1% 番红水溶液，染色 4—24 h。