



New Technology Of
Forest Seedling Breeding

林木种苗繁育 新技术

刘卫东 刘友全 等著

国防科技大学出版社

林木种苗繁育新技术

New Technology of Forest Seedling Breeding

刘卫东 刘友全 等著

By **Liu Weidong Liu Youquan**

国防科技大学出版社

湖南·长沙

National University of Defense Technology Publishing House

Changsha Hunan

内 容 简 介

本书较系统地介绍了林木种苗繁育的相关理论及技术,并结合实例,生动、具体地阐述了林木种苗繁育的最新方法。全书内容包括:前言、播种育苗技术、无性繁殖育苗技术、组织培养育苗技术、生物制剂在林木育苗中的应用、无病毒育苗技术、工厂化育苗、苗圃管理和苗木质量评定。本书理论体系较完整,资料翔实可靠,实用性强,可作为林学、观赏园艺、园林专业的教材及供广大种苗工作者阅读参考。

Brief Introduction

This book systematically introduces the forest seedling breeding related theory and technology, and elaborates newest methods of forest seedling breeding vividly and specifically. The book includes the following contents: preword, seeding and raise seedling techniques, raise seedling techniques with asexual propagation, tissue culture techniques, application of biologicals in forest raise seedling, non-virus seedling breeding techniques, factorization grows seedlings, nursery management and quality evaluation on nursery stock. The book with complete theory system, full and accurate materials is reliable and practical, which may as teaching material for forest, ornamental gardening, garden and park specialized subjects and as a reference book for many raise seedling workers.

图书在版编目(CIP)数据

林木种苗繁育新技术/刘卫东,刘友全等著. —长沙:国防科技大学出版社,2006.5
ISBN 7-81099-274-0

I. 林… II. ①刘…②刘… III. 苗木—育苗 IV. S723.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 004911 号

国防科技大学出版社出版发行
电话:(0731)4572640 邮政编码:410073
<http://www.gfkdcbs.com>
责任编辑:文 慧 责任校对:唐卫葳
新华书店总店北京发行所经销
国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:390 千
2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1-2500 册
ISBN 7-81099-274-0/S·3
定价:22.00 元

名誉主编 葛汉栋
主 审 李志辉
主 编 刘卫东 刘友全
副主编 王利宝 杨模华 何友军 侯碧清

编写成员 (按姓氏笔画为序)

马 涛	马 英	王利宝	刘卫东	刘友全
李家陆	何友军	何卫红	张可鑫	杨模华
杨 华	杨水莲	武 畅	徐 跃	侯碧清
舒 磊	舒必超	谭 雯		

Honorary Chief Editor: Ge Handong
Chief Umpire: Li Zhihui
Compiler in Chief: Liu Weidong Liu Youquan
Deputy compiler in Chief: Wang Libao Yang Mohua He Youjun Hou Biqing

Members:

Ma Tao	Ma Ying	Wang Libao	Liu Weidong	Liu Youquan
Li Jialu	He Youjun	He Weihong	Zhang Kexin	Yang Mohua
Yang Hua	Yang Shuilian	Wu Chang	Xu Yue	Hou Biqing
Shu Lei	Shu Bichao	Tan Wen		

前 言

林木种苗是林业生产的物质基础,是确保造林绿化质量和林业可持续发展的关键。全国现有良种基地 28.5 万公顷、采种基地 158.1 万公顷,年种子生产能力 2500 万公斤,林木良种使用率仅 20%,良种覆盖面小;有苗圃 48.71 万公顷,年产穗条约 15 亿条(根),苗木产量近 300 亿株;基地供种率和良种使用率分别为 37% 和 43%,因此,为满足对优质种苗的需求,保障林业和生态建设的顺利进行,开展林木种苗繁育研究是当今林业生产中的一项重要任务。

随着社会经济的不断发展,林业生态建设事业突飞猛进,对林木种苗繁育提出了新的更高的要求。林木种苗繁育要符合品种多样化、品质优良化。目前,困扰我国林木种苗繁育发展的突出问题表现在:优良种苗不足,良种化程度低,繁育的种苗尚未得到有效保护,科技含量低,基地供种率、良种使用率远不能适应林业发展的需要等。从总体上讲,我国林木种苗繁育的发展基础比较薄弱,与社会主义市场经济体制和林业快速发展的要求还不相适应,林木种苗繁育建设的任务依然非常繁重。我们必须高度重视和加强种苗繁育工作,依靠科技进步,加强科学研究,加大推广力度,进一步提高种苗繁育的技术含量,要在良种选育、品种研发、种子生产技术、育苗技术等林木种苗繁育领域中,打破传统技术和观念的束缚,推陈出新,保证种苗的繁育质量,加大种苗繁育的科技投入,以保证种苗繁育建设的良性发展。

目前,我国的许多常规育苗技术已趋于成熟,并已在苗木生产中广泛应用,因而对常规育苗技术的研究有所减少,进而转向旨在提高苗木质量的技术含量高的繁育新技术。今天,工厂化育苗已悄然兴起,特别是在工厂化育苗技术及设备研制,如组织培养技术、全光喷雾嫩枝扦插技术、容器育苗技术、温室苗架及自动喷灌设备的设计等方面已取得显著成果。无性繁殖、无病毒育苗等技术在我国也有了很大的发展。但是与先进国家育苗技术相比,我国还存在着许多亟待解决的问题。诸如:繁育的种植材料单一,产品质量不高,林木种子基地供种率低,培育苗木的质量不高,对苗木质量的研究不够深入,工厂化育苗起步晚,水平低,等等。

基于我国林木种苗繁育发展的现状和现有的相关科技新成果,将多年来从事种苗繁育研究的成果和一些有关著作、论文中的最新内容结合在一起,我们撰写了《林木种苗繁育新技术》这本书,本书研究的内容是在传统育苗技术上的创新,是传统育苗技术和现代育苗技术相结合的产物,可供林业生产者和管理者以及相关研究人员参考。

本书共有八章,第一章主要介绍关于种子育苗的新技术;第二章介绍无性繁殖育苗新技术。较为详尽地阐述了苗木分株繁殖的特点及应用、扦插育苗技术、

嫁接繁殖技术、全光照喷雾育苗技术;第三章介绍了组织培养的操作以及组织培养快速繁殖的最新技术;第四章介绍了生物制剂在林木育苗中的应用,系统地讲述了生物制剂在植物和苗木中的应用以及几种常用生物制剂的作用机制;第五章介绍了无病毒育苗技术,详细地叙述了几种脱毒技术以及对病毒育苗的检测方法,同时还在无病毒育苗繁育技术方面做了重点的说明,最后还以两种果树为例做了无病毒繁育技术的实例演示;第六章介绍了工厂化育苗,叙述了工厂化育苗生产流程及技术要点,详细地阐述了大棚育苗技术、温室育苗技术以及容器育苗技术;第七章系统介绍了保证育苗成功的相关管理技术和措施;第八章详细介绍了苗木质量的评定。必须说明的是,本书中引用的一些例子及部分内容是作者多年来陆续收集到的,原出处有些已难以准确标注,谨向原作者致以衷心的感谢。

本书在编写过程中,得到湖南省林业厅和中南林业科技大学国家重点学科“森林培育学科”的鼎力资助,作者在此一并表示由衷的感谢!

限于水平,加之编著时间仓促,错误与欠妥之处在所难免,祈望读者不吝赐正。

刘卫东

2006年2月于长沙中南林业科技大学

Prefword

The forest seeds and seedlings are the material base of forestry production, guarantees the afforestation quality and sustainable development of forest. The national existing good seed bases cover 2.85×10^5 hm² and seed collection base 1.581×10^6 hm with annual seed production 2.5×10^7 kg. Good seed cover too small with only 20%. Existing nurseries cover 4.871×10^5 hm, whose annual cuttings outputs is about 1.5×10^9 and nursery stock's outputs nearly 3.0×10^{10} . Rates of base seed supply and usage of good seed are 37% and 43% respectively. Therefore, doing research on forest seedling breeding is an important task in forestry production. On one hand, it could satisfy to the high quality of seedling's demand. On the other hand, it will guarantee forestry and ecology construction smoothly carries on.

Along with the unceasing development of social economy, forestry ecology construction cause progresses by leaps and bounds, setting higher request to forest seedling breeding. That is to say forest seedling breeding must conform to the variety diversification and excellent quality. The prominent problems that puzzle the country's forest seedling breeding development displays as follows: insufficient good seedling, low degree of improvement, seedlings breed yet are not protected well, low technology content, base seed supply rate and good seed utilization are far unsuitable to the forestry development. On the whole, our country's forest seedling breeding development foundation is quite weak, which does not adapt to the request of social market economy system and fast forestry development. The forest seedling breeding construction is still extremely arduous. We must highly strengthen the seedling breeding work by depending upon the advance in technology, strengthening scientific research, intensifying the efforts on promoting the use of good seed, further enhancing technology content of seedling breeding, breaking the fetter of traditional technology and ideas in the forest seedling breeding fields such as selective breeding of good seed, variety research and development, seed production techniques, seedling breeding techniques, weeding through the old to bring the new to guarantee seedling breeding quality, and enlarging technical investment to guarantee benign development of seedling breeding construction.

At present, many conventional raise seedling techniques are tend to mature and already be used widely in nursery stock production. Thus research of this kind was reduced and research directions turn to technological content research for the purpose of improving nursery stock quality. Today, factorization raise seedling has emerged quietly, and has yielded remarkable result on factorization raise seedling techniques like tissue culture techniques, cottage techniques with entire illumination and atomization, container seedling breeding techniques and design research such as greenhouse seedling breeding frame design and automatic spray irrigation equipment. Raise seedling techniques with asexual propagation and non-virus seedling also made great progress. However, problems that need solving urgently exist in the same fields comparing with advanced countries on research and development of raise seedling techniques, for example, single breed materials, low quality of products, low supply of tree seed by seed base, low quality of cultivated nursery stocks, insufficient research on nursery stock quality, factorization raise seedling started late and at low level, etc.

We compile the book "New technology of forest seedling breeding", base on present situation of forest seedling breeding development, new existing related technical achievement, the achievements gained by engaging in seedling breeding research for many years and latest contents of concerning literature and

papers. The content of the book is technological innovation of traditional seedling breeding methods. It is a combination of traditional and modern raise seedling techniques, and intent to offer a reference for forest producer, superintendent as well as correlate researcher so as to promote the country's forest seedling breeding development.

There are eight chapters in this book. Chapter 1 mainly introduces new techniques of sow seed and raise seedling; Chapter 2 introduces new raise seedling techniques of asexual propagation. It elaborates characteristics and application of raise seedling with division, new techniques of cuttage, graft grows seedlings, cuttage raise seedling with illumination and atomization; Chapter 3 introduces how to operate tissue culture and latest techniques of rapid breeding with tissue culture; Chapter 4 narrates application of biologicals in forest raise seedling. It systematically narrates application of biologicals to plants and nursery stocks, and function mechanisms of several commonly used biologicals. Chapter 5 describes raise seedling techniques with non-virus seedling. It introduces several removing virus techniques and appraisal methods on virus raise seedling in detail. At the same time, it stresses on raise seedling techniques with non-virus seedling. At last of the chapter, it gives two kind of fruit trees to show raise seedling techniques with non-virus seedling. Chapter 6 introduces factorization grows seedlings, process of factorization grows seedlings and essentials of factorization grows seedlings. It gives detailed information about greenhouse breeding and container seedling raise techniques. Chapter 7 systematically introduces related managerial techniques and measurements. Chapter 8 tells of quality evaluation on nursery stock. Some examples and contents have been collected in succession for years, so a few derivations cannot be noted exactly. We are extremely grateful to their writers. We are also indebted to the institutions that are supportive and helpful in the course of compiling and publishing this book: Forestry Department of Hunan Province and National Key Subject, Forest Culture, affiliated with Central South Forestry Science and Technology University.

Time of compiling is so limited that errors may exist. We warmly welcome experts and readers make valuable comments on it.

Liu Weidong
Central South Forestry of Forestry & Technology
Hunan Changsha Feb. 2006

目 录

第1章 播种育苗新技术

1.1 种子休眠的解除	(1)
1.2 林木育苗基质	(14)
1.3 菌根化育苗技术	(23)

第2章 无性繁殖育苗新技术

2.1 植物无性繁殖概述	(29)
2.2 分株育苗	(30)
2.3 扦插育苗新技术	(31)
2.4 嫁接育苗	(38)
2.5 全光照喷雾扦插育苗技术	(48)

第3章 植物组织培养育苗技术

3.1 概述	(55)
3.2 植物组织培养基本理论和知识	(59)
3.3 植物组织培养的意义和特点	(64)
3.4 组培实验室设计、所需仪器设备及用具	(65)
3.5 培养基的成分、种类及选择	(70)
3.6 植物组织培养快繁流程	(80)
3.7 组织培养技术的应用	(95)

第4章 植物生长调节剂在林木育苗中的应用

4.1 概述	(100)
4.2 育苗中几种常用的生长剂	(102)
4.3 植物生长延缓剂	(114)
4.4 植物生长抑制剂	(117)
4.5 使用植物生长调节剂的注意事项	(118)

第5章 无病毒苗育苗技术

5.1 病毒危害现状	(120)
5.2 病毒的危害和发展	(121)
5.3 脱毒技术	(122)
5.4 无病毒苗育苗体系	(129)
5.5 无病毒苗育苗的技术要点	(130)
5.6 苹果无病毒苗木繁育技术	(132)
5.7 柑桔无病毒苗木繁育技术	(135)

第6章 工厂化育苗

6.1 概述	(138)
6.2 工厂化育苗技术	(140)
6.3 容器苗育苗技术	(149)
6.4 补光育苗技术	(155)
6.5 无土栽培育苗技术	(160)
6.6 育苗设备机械	(161)

第7章 苗圃管理

7.1 苗圃的施肥	(167)
7.2 苗圃除草	(176)
7.3 病虫害防治技术	(183)

第8章 苗木质量评定

8.1 苗木质量评定	(195)
8.2 苗木质量控制	(204)
8.3 苗木生理及抗逆性调控技术	(207)
参考文献	(210)

CONTENTS

Chapter 1 New Techniques of Seeding and Raise Seedling

1.1 The Seed Dormancy Relieves	(1)
1.2 Forests Grow Seedling Matrix	(14)
1.3 Mycorrhizae Raise Seedling Techniques	(23)

Chapter 2 New Techniques of Asexual Propagation Raise Seedling

2.1 Introduction of Plants Asexual Propagation	(29)
2.2 Raise Seedling with Division	(30)
2.3 New Techniques of Cuttage	(31)
2.4 Graft Grows Seedlings	(38)
2.5 Cuttage Raise Seedling with Entire Illumination and Atomization	(48)

Chapter 3 Plant Tissue Culture Raise Seedling Techniques

3.1 Introduction	(55)
3.2 Elementary Theory and Knowledge of the Plants Tissue Culture	(59)
3.3 Significances and Characteristics of the Plants Tissue Culture	(64)
3.4 The Design of Tissue Culture Lab. and Equipment Requirements	(65)
3.5 Culture Medium Ingredients, Type and Choice	(70)
3.6 Fast Breeding Process of Tissue Culture	(80)
3.7 Application of Tissue Culture	(95)

Chapter 4 Plant Growth Regulators in Forest Raise Seedling

4.1 Introduction	(100)
4.2 Several Commonly used Growth Hormone in Raise Seedling	(102)
4.3 Plant Growth Retardant	(114)
4.4 Plant Growth Depressor	(117)
4.5 Notices When Using Plant Growth Regulators	(118)

Chapter 5 Raise Seedling Techniques With Non-virus Seedling

5.1 Present Situation of Virus's Harm	(120)
5.2 Virus's Harms and Development	(121)
5.3 Removing Virus Techniques	(122)
5.4 Raise Seedling Techniques with Non-virus Seedling	(129)
5.5 Essentials of Raising Seedling Techniques with Non-virus Seedling	(130)
5.6 Apple raise Seedling Techniques with Non-virus Seedling	(132)
5.7 Orange Raising Seedling Techniques with Non-virus Seedling	(135)

Chapter 6 Factorization Grows Seedlings

6.1	Introduction	(138)
6.2	Techniques of Factorization Grows Seedlings	(140)
6.3	Container Seedling Raise Techniques	(149)
6.4	Raise Seedling with Supply Illumination	(155)
6.5	Soilless Culture Raise Seedling	(160)
6.6	Raise Seedling Equipments and Machines	(161)

Chapter 7 Nursery Management

7.1	Nursery Fertilization	(167)
7.2	Nursery Weeding	(176)
7.3	Control Techniques of Diseases and Insects	(183)

Chapter 8 Quality Evaluation on Nursery Stock

8.1	Quality Evaluation on Nursery Stock	(195)
8.2	Quality Control of Nursery Stock	(204)
8.3	Nursery Stock Physiologies and Resistance Regulation	(207)
References		(210)

第1章 播种育苗新技术

播种育苗是现阶段苗木繁育的主要途径之一。播种培育的苗木,根系发达,生长旺盛,对环境适应性强。播种育苗操作相对简单,常规的播种育苗技术,如土壤的耕作、种子的处理、播种期的选择、苗木密度及播种量的确定、播种苗的管理等都已较为成熟。目前,各国对于如何利用新技术解除种子休眠的研究比较多,播种育苗基质作为育苗成败的关键因素,也成为研究的重点,此外,随着人们对菌根认识的不断加深,菌根化育苗技术的研究已经成为热点。

1.1 种子休眠的解除

1.1.1 种子休眠的概述

在林业生产过程中,利用种子播种培育成实生苗繁殖苗木的方法叫做实生苗繁殖法。它具有繁殖简便、群众易于掌握、在短期内能培育出大量的苗木等特点。同时,培育的苗木根系发达,生长健壮,寿命长,适应力强。基于上述优点,实生苗繁殖成为我国林业生产的重要方式之一。这里所说的种子,是指种子植物重要的有性传播单位,一般包括真种子(由受精胚珠发育而成)和具有真种子的闭果,如颖果、瘦果和坚果等。实生苗繁育首先涉及到种子的处理问题。

种子是林业生产的首要前提和保障,种子的优劣与生长发育情况直接关系到林业生产全局。种下的种子能否正常生长,是目前摆在许多林业工作者面前的难题。导致一些种子不能按时发芽的因素很多,其主要因素是种子休眠。种子休眠特性与原理的研究是种子种质工作中的一个重要方面。

种子休眠是植物体在发育过程中一个常见的生理现象,是植物对环境条件及季节性变化的生物学适应性,是植物为了其本身物种的传播、繁衍,在长期的进化发育过程中形成的自我保护机制,以此来适应不利的外部环境。在林木繁育上,若不能及时解除种子休眠,往往会出现发芽率低甚至隔年发芽的现象,严重地影响了正常的育苗工作。因此,研究种子休眠规律,掌握解除休眠的方法,对提高果树育苗效率有重要意义。

1.1.2 种子休眠的概念及原理

1. 种子休眠的概念

种子休眠是指在足够的水分、温度和氧气等适宜条件下,种子萌发被抑制的一种内在状态。这意味着只要去除抑制作用,种子就能在很广泛的环境条件下萌发。

2. 种子休眠的原理

大多数种子都表现出一定程度的休眠。有些种子,即使为它提供了最有利的条件,其发芽也不彻底。而且研究表明,种子休眠的程度很可能取决于母树的年龄、母树的营养状况和水分状况,也取决于种子成熟期间的气候条件。如有些树种,当生长季节湿度较高时,新采收的种子比常年种子休眠加深。这就要求在生产中对各种情况给予充分考虑并采取相应的处理措

施。在了解休眠种子对育苗造林等工作不利影响的同时,也应认识到休眠是种子具有的一种有益的生物学特性,是植物在对不良环境条件的适应过程中经过系统发育而形成的,以便调节生产周期来适应季节性或偶发性的环境变化。种子的这一适应性机能在生产上有很大的意义。首先,它有利于物种的生存;其次,有利于种子的贮藏、调拨和运输。下面介绍种子休眠的具体原理。

(1) 种(果)皮效应

① 种(果)皮不透气性

种皮限制胚的气体交换,阻碍氧气的进入和二氧化碳的排出,从而抑制了呼吸作用,不能保证种子萌发所需的能量。如山楂的种壳透气性差,苹果的种皮限制氧的供应。在高温下浸种,胚的呼吸需氧量不足,种皮不透性表现为浸种吸胀时种子周围形成一层黏液阻止氧气的进入,或表现为种皮消耗氧,如苹果种皮中的酚类化合物会消耗氧。

② 种(果)皮不透水性

一些树木的种子具有坚实而不透水的果皮或种皮,除去种皮或使种皮破裂,均能使种子迅速吸水,例如核桃、樱桃、桃、椰子等果树,就属于种(果)皮硬实而不透水能阻止水分进入的类型,这些树木的种子若不进行处理就不易萌发。种皮的蜡质层、木栓层、栅栏组织、骨状石细胞均阻碍水分的吸收。其中,骨状石细胞为主要障碍。

③ 阻碍抑制剂从胚中排出

在一些树木种子中,已发现胚或种皮中含有不同种类的化学抑制剂。若吸胀种子中存在这些抑制剂而未被排于外界介质中,种子便不能萌发。种皮是防止抑制剂向外逸出的有效屏障。但是种子中存在抑制剂并不意味着它一定起休眠作用,还要考虑抑制剂分布的组织及浓度和活性的表现,倘若存在于胚轴中,还要考虑其是自由分布还是被分隔在细胞室中,从种子中提取到的抑制剂是否确实能诱导种子休眠或仅在一般的生物测定系统中表现出活性,目前我们还无法回答这些问题。

④ 种皮对胚有机械阻碍的作用

具有坚硬组织的种皮对胚生长有很大的阻力,如果胚不能产生足够的推力突破这些组织,种子便不会萌发。如沙枣、李、蔷薇等树木的种子,因为存在坚硬的果皮,或因它的内部结构对胚生长有机械限制作用,从而限制了种子的萌发。早在1966年,Lipe等对桃树种子进行研究后指出,木质化果皮的机械阻力是桃树种子休眠的重要原因,胚能否突破种皮取决于种皮阻力与胚产生的推动力的差值。有些休眠种子的种皮并不如非休眠种子的种皮坚硬,休眠原因是胚产生的推动力太小。

⑤ 种皮本身存在抑制剂

一些种子的种皮中含有各种抑制种子发芽的物质,如桃和杏的种子中含有苦杏仁苷,在潮湿的条件下苦杏仁苷分解出氰氢酸起抑制作用。当苦杏仁苷分解完毕,不再释放氰氢酸,种子就解除了休眠。有些果树种子中含有酚类物质,可阻碍氧气进入,如苹果种子中主要是根皮苷阻碍种子的萌发。在蔷薇科中,种皮中的抑制剂有很强的抑制萌发效果,蔷薇科种子的胚放在湿的基质上时萌发,但在基质上同时加一些果皮、种皮时,胚便不能萌发。当胚被一小块果皮围着时,萌发也会受到完全抑制。这是因为这些种皮组织中存在ABA,若反复冲洗种子,抑制剂便可被冲掉而解除休眠。

当然,在一种种子中可能仅有一个因子在起作用,但有时休眠是多个因子综合影响的结果。例如,山楂和苹果种子的休眠,既有种皮透气性差的原因,又有胚本身需要生理后熟的原因;桃既有坚硬的种壳影响了休眠,也有胚本身生理休眠的原因。

(2) 胚效应

① 胚的形态未成熟

一个完整的胚有胚芽、胚轴、胚根、子叶。有些果树种子,虽在采收时已表现成熟,但它们的胚尚未分化完善,需在适宜的条件下继续完成器官分化。如银杏种子脱落时,种胚只有成熟胚的三分之一大小,在每天要有 12 小时处于 30~35℃,12 小时处于 5~10℃ 的变温条件下,才有利于胚的分化完全。又如,香榧种子采收时,种胚仍处于原胚时期,不能萌发生长;油棕种胚则需要几年才生长到应有的大小。这些种子用湿沙层积法于 10~20℃ 下经 2 个月后完成胚分化,体积增大,萌发率可达 95%。如果湿沙温度太低,则不利于完成器官分化。

② 胚未完成生理后熟

许多果树种子的胚虽已分化完善,但在适宜条件下,即使剥去种(果)皮亦不能萌发,在蔷薇科中这类种子较多,如樱桃、苹果、梨、桃、杏等。这类种子一般需要低温与潮湿的条件,经过几周到数月之后才能完成生理后熟,萌发生长。这些种子的休眠特性是系统长期发育的结果。在湿沙层积中所发生的代谢变化,主要是消除对生长发育有抑制作用的物质,增加促进生长的物质和可利用的营养物质,以利于萌发生长。

③ 胚中存在萌发抑制剂

存在于胚内的抑制剂以 ABA 为主,但它不是唯一的抑制剂。在洋李、苹果、桃、葡萄、甜樱桃等果树种子中,胚部子叶(盾片)中的萌发抑制剂不仅使其本身不能生长,而且扩散至胚轴中抑制胚的生长。子叶对种子萌发及上胚轴生长有促进作用,如苹果,当休眠的苹果胚的子叶与湿基质相接触时,在阳光下子叶中能生成叶绿素并长大,子叶的最上部由于不直接与湿的基质接触,仍然小且呈白色,这是由于子叶中的抑制物质通过与湿的基质接触而被排入水中,这种抑制剂主要是 ABA。

1.1.3 种子休眠的类型

根据休眠的机制可将种子休眠分为物理休眠、化学休眠、生理休眠等;根据休眠的程度又可分为浅休眠、中等程度休眠和深休眠等;根据休眠因素在种子中的解剖位置可分为外源休眠(种壳休眠)、内源休眠(胚休眠)以及二者的各种组合;根据休眠原因的起源可分为强迫休眠(条件休眠)和机体休眠(原发性休眠)。强迫休眠,指种子由于缺乏适当的条件而不萌发。产生这种休眠的原因是成熟种子含水量低。机体休眠的产生与种子本身的性质有关,因植物种类和萌发的条件而异。机体休眠类型可分为三类:内部(源)休眠、外部(源)休眠和综合休眠。

1. 内部(源)休眠

内部休眠是最普遍而且不易克服的,主要取决于胚本身的解剖、形态或生理特点。据此分成了形态休眠、各种类型的生理休眠和形态-生理休眠,后两种还有深度差别,即存在着生理抑制机理(PIM)强度的区别。内部休眠的第二个特点是,只有能引起生理变化的那些因素才能打破它,诸如一定温度的层积、光照条件、生长促进剂的应用等。有些植物的果实已经成熟且自然脱落,但种胚尚需要经过一段时间的成长才能发育完全,这种休眠称为形态休眠或未成熟胚的休眠(rudimentary embryo dormancy)。形态休眠是指虽然种子本身的发育已达到最高的干重,并且已可能干燥离开母体,但是胚发育却不完整,甚至分化尚未开始,因此播种后在短期内无法萌发。形态休眠或未成熟胚的休眠在许多科的植物中都经常遇到,如棕榈科(*Palmae*)、木兰科(*Magnoliaceae*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)等。油棕(*Elaeis guineensis* Jacq)甚至需要几年的后续发育。目前人们对这些种子的生物学特性研究得不够,只知道在它们的胚没有发育完全之前是不能萌发的。

表现形态休眠的种子比较频繁地出现在热带地区。但是,在温带地区也有发生,例如乌头

属(*Aconitum*)的某些种属。

2. 外部(源)休眠

在外部休眠类型中,萌发迟滞的某些情况与种皮的各种物理或化学性质有关,其中包括气体的透性。这类休眠可用各种物理因素打破。物理休眠或硬实性在自然界是比较普遍的,如藜科(*Chenopodiaceae*)、百合科(*Liliaceae*)等植物的种子。种皮坚硬的种子称为硬实(hardseed)。硬实中种皮具有发达的角质层和广泛发育的栅栏状细胞与骨状石细胞(特别是种脐的细微结构),透水和透气性极弱,导致发芽缓慢和发芽不整齐。有些种子的休眠是完全分化了的,但是胚被阻碍氧扩散的种皮包被,硬实百分率因植物种类、成熟度、成熟条件和贮藏时间而有很大变化。种子成熟时空气湿度低,导致硬实性大大增加,这种种子要经过各种化学和物理处理才能迅速吸水。最有效的办法之一是温度处理(包括加温、寒冷处理、剧烈的温度变化或快速地进行开水浸种),提高温度或变温可使硬实的蝶形花科(*Papilionaceae*)植物易于吸水。

不过,单纯的机械休眠和化学休眠很少能观察到,它们和其他类型的休眠结合在一起。机械休眠是因为存在坚硬的果皮,或者是它的内部结构(如硬核)使然。化学休眠大部分发生于热带和亚热带地区的植物,其中的抑制剂阻碍种子在不利的时期发芽。

3. 综合休眠(形态-生理休眠)

在大多数情况下,胚的发育不全是与存在生理抑制机理相联系的,这就引发了形态-生理休眠类型,如红豆杉(*Taxus chinensis* (Pilger) Rehd.)和红松(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)的种子结合了未成熟胚休眠和生理休眠。这种综合休眠类型在典型低温季节的温带和亚热带地区分布较多。种子的生理休眠是由于胚的活力降低和种皮引起的对气体交换的限制所形成的双重抑制机理,或者是生理抑制机理(PIM),使休眠的程度进一步加深。根据PIM强度,生理休眠可分为三类:浅的生理休眠、中等的生理休眠和强的生理休眠。

大多数温带地区植物新采集的种子都有典型的浅休眠,特别是在各种栽培植物中多见这种情况。这些种子表现为暂时不能萌发和或多或少地降低萌发能力。在许多情况下,只有在很窄的范围内,或者在经过温度或光照的转换后才能萌发、擦伤或破除种皮。浅休眠种子可能萌发并长出正常的幼苗,而且,如果胚不能克服外种皮的阻碍作用,说明它的活性降低了。浅休眠通常是在种子干藏过程中,或者经过短期潮湿的预冷处理,或者低温层积和变温层积,或者由于使用了各种生长促进剂,而逐渐消失的。

有些植物的种子萌发,在一定温度时受控于光。种子的感光性是一种复杂而有趣的现象,并构成一个独立的问题。但是,这种情况本质上是浅生理休眠的一个特例。吸水种子需要照光的情况取决于萌发期间的光强和温度。在休眠不深的情况下,感光性都是在干藏过程中消失的。光的作用可以被冷层积、各种促进剂和擦伤外皮等所替代。浅生理休眠可以用各种氮化合物(如硫脲)和细胞分裂素处理解除。但是,赤霉素类物质发挥的作用显著得多。

中等休眠或深休眠种子的萌发情况要复杂得多。中等生理休眠的种子,其生物学性质是各种各样的。从这些种子中剥出的胚呈正常生长。如果偏离正常条件,特别是新采集的种子,有时表现生长异常。另一方面,表现中等休眠的种子需要足够长的冷层积。干藏在某种程度上能减弱休眠,而用赤霉素处理在一定条件下可促进发芽。

在带有PIM休眠的形态-生理休眠中,下胚轴的生长常常延缓。这种休眠可能是中等休眠,例如龙牙木(*Aralia elata* Seem.),它们在4个月18~20℃的层积后,再经过4个月0~3℃的层积作用能够萌发。但是,在温度连续变化的条件下,如经过15~20℃层积一天,再经过0~3℃层积两天,4个月就完全萌发。层积处理的同时加以激素作用,效果会更好。有的植物是上胚轴休眠,当种子生根后,若不变换条件,则一直保持生根生长,并长出许多侧根。大多数种子都

是综合休眠,有各种内部休眠和外部休眠类型的组合,如在山楂属(*Crataegus*)、蔷薇属(*Rosa*)等属中经常可以看到生理休眠结合硬的内果皮的延缓作用。而另有一些种子的休眠,属于因种皮不透性及胚后熟双重原因引起的综合休眠。

由于抑制萌发的原因多种多样,对综合休眠进行明确的分类是困难的,需要一种比较合理的方法来划分综合休眠的类型。应该强调,不仅在不同的植物之间,在一个种的内部,甚至在个别种子之间也可以找到休眠深度和类型方面的差异。这些差别可能与植物的地理起源、种子的成熟度以及贮藏的性质和持续时间有关。

1.1.4 解除种子休眠方法

解除种子休眠的方法大体可以分为三类:物理方法、化学方法和生物方法。

1. 物理方法

(1) 干燥后熟

一般高含水量的种子,其休眠期较长,适当降低种子的含水量可以缩短或打破种子休眠。许多种子刚成熟时具有程度不一的休眠性,但是在干燥的状况下,休眠逐渐消失。许多胚休眠的种子,采用干燥后熟后往往有显著的提高,银杏的新鲜种子在黑暗下发芽率仅为1%,经过11个月后,在黑暗下发芽率达78%;一些种子在黑暗下发芽率极低,干燥后熟数周后发芽率明显升高;还有一些种子刚成熟时休眠极深,后熟作用将逐渐解除种子休眠;成熟的小芸木(*Micromelum integerrimum*)的种子经过轻度干燥后,发芽率也显著提高。干燥后熟的速度因植物种类、温度和种子含水量而异,与氧的供应也有一定的关系。温度越低,干燥种子休眠维持的时间越久。温度与休眠消失速率间存在数学关系。天山槭(*Acer semenovii*)和欧洲白蜡树(*Fraxinus excelsior*)种子的休眠解除程度也随干燥程度而变化。

(2) 变温处理

用变温(温度交替和温度变换)处理种子可解除休眠,因为变温有利于改变种皮的伸缩性而引起种皮破裂,并刺激种子代谢。许多作物,特别是野生植物种子在日夜变温时的萌发比在恒温下更好。交替温度是一个复杂的因子,至少有9种属性:高低温、温差、高温和低温持续期、升温和降温速率、循环次数和吸涨开始后变温循环起始时间。温差通常用来检测变温的有效性,只有在一定温度范围内变动才会打破休眠,如苦酸模(*Rumex obtusifolius*)和欧洲笋(*Lycopus europaeus*)的种子必须分别在15~23℃和17~27℃变动才有效。高低温持续的时间影响种子休眠的打破,欧洲笋种子在低温下持续16小时比8小时效果要好。此外,在各种温度下所经历的时间明显影响温差的有效性。如果每天用高温处理苦酸模种子16小时,要想诱导90%的种子萌发,温差至少需10℃;每天用高温处理仅8小时,温差则只需5℃。增加交替温度的次数,也有利于打破种子的休眠。种子对变温敏感的时间因变温前的温度而不同,如苦酸模对2小时变温到35℃的敏感高峰,在20℃下几天就可到达,在15℃条件下则需要几个星期才能到达。

(3) 层积作用

① 低温层积

采用低温层积可打破种子休眠,这是目前广为使用的一种技术。通过低温层积在种子内部发生一系列生理生化变化,如种子吸水力加强,使原质物的渗透性提高,不溶性的内含物转化为可溶性的物质。层积时种子必须混合水苔、砂、蛭石和泥炭土等介质,温度以5~10℃为宜。低温层积能打破种子休眠,提高发芽率,促进种子发芽整齐度和苗木早期的生长发育;扩大种子萌发的温度范围;降低种子发芽时对光的需求;减少种子因处理、加工损伤或发芽环境不良等所造成的发芽差异。低温层积有三个要件,即适宜的种子含水量、低温以及氧的存在。