



研究生用书

牧草与草坪草种子 科学与技术

Forage and Turfgrass Seed Science
and Technology

● 毛培胜 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS



研究生用书

牧草与草坪草种子 科学与技术

Forage and Turfgrass Seed Science
and Technology

● 毛培胜 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以牧草和草坪草种子的形成发育规律和形态解剖特点为基础,重点介绍种子生产加工和贮藏技术。全书共分八章,其中第一章绪论,第二章牧草与草坪草种子的形成发育,第三章牧草与草坪草种子的形态解剖结构,第四章牧草与草坪草种子质量检测技术,第五章牧草与草坪草种子生产认证技术,第六章牧草与草坪草种子生产技术,第七章牧草与草坪草种子的收获与加工技术,第八章牧草与草坪草种子的贮藏技术。

图书在版编目(CIP)数据

牧草与草坪草种子科学与技术/毛培胜主编. —北京:中国农业大学出版社, 2011.3

ISBN 978-7-5655-0227-9

I. ①牧… II. ①毛… III. ①牧草-种子-研究 ②草坪-种子-研究
IV. ①S540.32 ②S688.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 026450 号

书 名 牧草与草坪草种子科学与技术

作 者 毛培胜 主编

策划编辑 梁爱荣 席 清

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62731190, 2620

编辑部 010-62732617, 2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 北京时代华都印刷有限公司

版 次 2011年5月第1版 2011年5月第1次印刷

规 格 787×980 16开本 18.75印张 30千字

定 价 29.00元

责任编辑 王登喜

责任校对 陈 莹 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

主 编	毛培胜	中国农业大学
编写人员	王昱国	中国农业大学
	孙 彦	中国农业大学
	马春晖	塔里木大学
	石凤翎	内蒙古农业大学
	王俭珍	西北农林科技大学
	马 啸	四川农业大学

出版说明

我国的研究生教育正处于迅速发展、深化改革时期,研究生教育要在研究生规模和结构协调发展的同时,加快教学改革步伐,以培养高质量的创新人才。为加强和改进研究生培养工作,改革教学内容和教学方法,充实高层次人才培养的基本条件和手段,建设研究生培养质量基准平台,促进研究生教育整体水平的提高,中国农业大学通过一系列的改革、建设工作,形成了一批特色鲜明的研究生教学用书,本书是其中之一。特别值得提出的是,本书得到了“北京市教育委员会共建项目”专项资助。

建设一批研究生教学用书,是研究生教育教学改革的一次尝试,这批研究生教学用书,以突出研究生能力培养为出发点,引进和补充了最新的学科前沿进展内容,强化了研究生用书在引导学生扩充知识面、采用研究型学习方式、提高综合素质方面的作用,必将对提高研究生教育教学质量产生积极的促进作用。

中国农业大学研究生院

2008年1月

前 言

随着我国现代草业的快速发展,牧草种子作为人工草地建植、退化草地改良的物质基础,在优质高产牧草新品种的推广、草地生产力的提高、生态环境的改善中发挥了重要的作用。同样,城市绿化和运动场草坪面积随着我国经济发展而不断增加,也有赖于草坪草种子的供给。可见,牧草和草坪草种子不仅是草地建设、牧草生产、草坪绿化的重要保证,而且其产量水平、质量优劣也关系到草产业的健康持续发展。

长期以来,种子只是牧草生产的副产品,并且受广种薄收生产方式的影响,种子生产专业化程度低、生产技术落后,种子产量低、质量差的现状成为我国草业发展的瓶颈。而且单纯依赖草种进口,虽然能够缓解种子的供求矛盾,但也限制了我国草种业的国产化进程。自2000年以来,我国政府投入10亿元国债资金和农业综合开发经费进行牧草种子生产和良种繁育基地建设,但迄今为止,大部分种子生产基地难以维持,种子平均产量为 400 kg/hm^2 ,种子生产技术水平相对落后,仍与发达国家种子生产水平有很大差距。因此,掌握牧草和草坪草种子科学与技术的基本知识,运用生产、加工、贮藏技术,促进种子生产的专业化和规范化,形成牧草和草坪草种子生产技术体系,满足我国草业生产对各类牧草和草坪草种子的需求,对于推动我国草种业的健康持续发展将是必不可少的。

该教材以我国现代种子科学与技术发展的最新成果为基础,搜集借鉴国内外种子科学与技术发展的最新成果,重点介绍种子质量检测技术、种子生产认证技术、种子生产田间管理技术、种子收获技术、种子贮藏技术等相关生产实践技术。在编写过程中,由中国农业大学组织了部分全国高等农业院校的专业骨干教师共同完成。全书共分八章,第一章、第六章由中国农业大学毛培胜负责撰写,第二章由中国农业大学王显国负责撰写,第三章由内蒙古农业大学石凤翎负责撰写,第四章由中国农业大学孙彦负责撰写,第五章由四川农业大学马啸负责撰写,第七章由西北农林科技大学王俭珍负责撰写,第八章由塔里木大学马春晖负责撰写。

《牧草与草坪草种子科学与技术》主要是为草业科学专业研究生培养提供教学参考和学习用书,也可作为牧草或草坪草种子生产、加工领域科技人员的生产实践技术指导资料。

由于编者专业理论和技术水平有限,编写过程中存在的不足和缺陷在所难免,请读者批评指正。

编 者
2011 年 2 月

目 录

第一章 绪论.....	(1)
第一节 种子的含义.....	(1)
第二节 牧草与草坪草种业的发展现状.....	(2)
一、世界牧草与草坪草种子生产的现状	(2)
二、我国牧草与草坪草种子生产的发展与现状	(6)
第三节 我国牧草与草坪草种子生产当中存在的问题.....	(9)
一、国外种子生产实践的成功经验	(9)
二、我国牧草与草坪草种子生产当中存在的问题	(10)
第二章 牧草与草坪草种子的形成与发育.....	(13)
第一节 牧草与草坪草的花芽分化.....	(13)
一、禾本科牧草与草坪草的花序分化	(14)
二、豆科牧草与草坪草的花序分化	(15)
第二节 牧草与草坪草的开花、传粉与受精	(21)
一、开花	(21)
二、传粉	(22)
三、受精	(23)
第三节 牧草与草坪草种子的发育过程.....	(25)
一、牧草或草坪草种子发育的一般模式	(26)
二、牧草与草坪草种子发育的形态学和生理学	(27)
第四节 牧草与草坪草种子形成发育过程中的物质变化.....	(33)
一、种子贮藏物质的来源	(33)
二、种子发育过程中的物质运输途径与转化形式	(37)
三、种子发育过程中贮藏物质的合成与积累	(39)
第五节 牧草与草坪草种子的成熟.....	(45)
一、种子成熟的含义	(45)
二、种子的成熟阶段	(46)

三、种子成熟过程中的脱水作用及生理效应	(48)
四、环境条件对种子成熟的影响	(49)
第三章 牧草与草坪草种子的形态解剖结构	(52)
第一节 牧草与草坪草种子的解剖结构	(52)
一、种被	(53)
二、种胚	(55)
三、胚乳	(58)
四、各器官的比例	(59)
第二节 牧草与草坪草种子的形态特征	(60)
一、种子的形态	(60)
二、主要牧草与草坪草种子的形态特征	(62)
三、牧草与草坪草种子的分类和鉴别方法	(83)
第四章 牧草与草坪草种子质量检测技术	(96)
第一节 概述	(96)
一、草种子质量检验的起源与发展	(96)
二、种子质量检验的目的意义	(98)
第二节 种子扦样	(99)
一、扦样的目的	(99)
二、扦样原则	(99)
三、种子批的确定	(100)
四、扦样仪器和使用方法	(102)
五、扦样程序	(103)
六、扦样方法	(105)
七、分样	(108)
第三节 净度分析	(112)
一、目的和意义	(112)
二、净度分析各组分定义及划分	(112)
第四节 其他植物种子数测定	(120)
一、目的和意义	(120)
二、其他植物种子数测定原则	(121)
三、测定程序	(121)
四、结果计算与表示	(121)
五、结果报告	(122)

第五节 发芽试验	(122)
一、目的和意义	(122)
二、发芽试验原则	(122)
三、发芽介质与发芽床	(123)
四、发芽材料与设备	(125)
五、发芽条件与促进发芽的处理方法	(127)
六、发芽试验程序	(131)
第六节 水分测定技术	(134)
一、目的和意义	(134)
二、水分测定原则	(135)
三、水分的定义	(135)
四、水分测定方法	(135)
第七节 草种子质量的分级	(141)
一、草种子质量分级目的和意义	(141)
二、草种子质量分级标准	(141)
第五章 牧草与草坪草种子生产认证技术	(145)
第一节 种子认证的目的和意义	(145)
一、种子认证	(145)
二、种子认证的主要目的	(149)
三、种子认证的主要内容	(150)
第二节 草种子认证资格及等级	(151)
一、种子认证资格	(151)
二、认证种子的等级	(151)
第三节 种子认证的标准和要求	(154)
一、草种子认证的种子田管理	(154)
二、种子收获加工过程中的管理要求	(160)
第四节 牧草及草坪草种子认证程序	(165)
一、申请	(165)
二、田间检查	(166)
三、种子收获和加工时的监督检查	(167)
四、种子的室内检验	(168)
五、贴签和封缄	(168)
六、对照检验	(169)

第六章 牧草与草坪草种子生产技术	(171)
第一节 种子产量组分	(171)
一、种子产量组分	(172)
二、种子产量的划分	(175)
三、牧草或草坪草潜在种子产量与实际种子产量间的关系	(176)
四、提高牧草与草坪草实际种子产量的可能性	(178)
第二节 种子生产的地域性要求	(179)
一、牧草或草坪草种子生产对气候条件的要求	(180)
二、种子生产对土地的要求	(182)
第三节 种子生产的田间管理	(183)
一、播种	(185)
二、施肥	(189)
三、灌溉	(194)
四、杂草防治	(197)
五、病虫害防治	(201)
六、人工辅助授粉	(204)
七、植物生长调节剂的运用	(205)
八、种子收获后的田间管理	(207)
第七章 牧草与草坪草种子的收获与加工技术	(211)
第一节 种子收获与加工的特点	(211)
一、技术要求高	(211)
二、时间性强	(211)
三、收获与加工工艺和设备特殊	(212)
四、种子成熟不一致性	(212)
五、种子的落粒性	(212)
六、种子水分的变化	(213)
第二节 种子的收获	(213)
一、收获前准备	(213)
二、收获时间	(214)
三、收获时间的确定依据	(215)
四、收获技术	(219)
第三节 种子的加工	(223)
一、种子的干燥	(223)

二、种子的清选和精选	(225)
三、种子处理	(233)
第八章 牧草与草坪草种子的贮藏技术	(236)
第一节 种子的寿命	(236)
一、牧草与草坪草种子寿命的概念及类型	(236)
二、影响种子寿命的因素	(238)
三、种子贮藏寿命的预测	(241)
第二节 种子的劣变	(242)
一、种子劣变的概念	(242)
二、种子劣变的原因	(243)
三、种子劣变引起的生化、生理以及细胞形态结构上的变化	(244)
四、种子劣变的不可避免性和不可逆性	(253)
五、延缓种子劣变的方法	(254)
六、种子劣变的修复	(254)
第三节 种子的贮藏管理	(255)
一、种子贮藏的生物学基础	(255)
二、种子的贮藏管理技术	(264)
参考文献	(275)

第一章

绪 论

第一节 种子的含义

种子在植物学上是指胚珠发育而成的繁殖器官。在农业生产中,种子是最基本的生产资料,其含义要比植物学上的种子广泛得多,凡农业生产中可直接用作播种材料的植物器官都称为种子。牧草与草坪草种子具有农业种子的特点,但牧草不常用营养繁殖器官(根茎、鳞茎、球茎、块茎、块根等)进行播种。

牧草与草坪草的播种材料大致分为:

(1)真种子。真种子系植物学上所指的种子,它们都是由胚珠发育成的,如豆科牧草苜蓿(*Medicago* spp.)、三叶草(*Trifolium* spp.)、百脉根(*Lotus corniculatus*)等的种子。

(2)类似种子的果实。一些牧草或草坪草种子成熟过程中,种子是由整个子房发育而成的干果,成熟后果皮不开裂,可直接用果实作为播种材料,如禾本科草翦股颖(*Agrostis* spp.)、披碱草(*Elymus* spp.)等的颖果,菊科牧草的瘦果,豆科牧草中二色胡枝子(*Lespedeza bicolor*)、草木樨(*Melilotus* spp.)等的荚果,蓼科牧草的

坚果等。

(3)带有附属物的真种子或果实。有些牧草或草坪草在发育过程中花序或花的其他结构如苞片等紧包在成熟的种子或果实外面,不易脱落,形成了带有附属物的真种子或干果,如草地早熟禾(*Poa pratensis*)、多年生黑麦草(*Lolium perenne*)等禾本科草中大部分带稃片或带颖片的颖果,饲用甜菜(*Beta vulgaris*)的种球,野牛草(*Buchloe dactyloides*)、地三叶(*T. subterraneum*)的种球等。

(4)营养器官。除了种子或果实外,牧草或草坪草的营养体、营养繁殖器官如茎秆、根茎、鳞茎、球茎、块茎、块根等也可作为播种材料。对于部分种子产量低或难以结实的牧草或草坪草而言,营养器官对于该种植物的扩繁是非常必要的,但其生产与管理技术则与常规种子不同。例如象草(*Pennisetum purpureum*)、扁穗牛鞭草(*Hemarthria compessa*)用茎节来繁殖。

第二节 牧草与草坪草种业的发展现状

一、世界牧草与草坪草种子生产的现状

世界上,在北美地区、欧洲、新西兰和澳大利亚四个地区生产了几乎所有在市场上销售的温带牧草与草坪草种子,但草种子生产对世界其他地区的农民和农业也很重要,阿根廷、巴西、土耳其、伊朗、印度、中国、日本和俄罗斯等国的草种业也在兴起。对于温带牧草与草坪草种子生产,通常在禾草中包括冰草属(*Agropyron* spp.)、翦股颖属、燕麦草属(*Arrhenatherum* spp.)、雀麦属(*Bromus* spp.)、洋狗尾草属(*Cynosurus* spp.)、鸭茅属(*Dactylis* spp.)、羊茅属(*Festuca* spp.)、绒毛草属(*Holcus* spp.)、黑麦草属(*Lolium* spp.)、蒺藜草属(*Phalaris* spp.)、猫尾草属(*Phleum* spp.)、早熟禾属(*Poa* spp.);豆科牧草中包括小冠花(*Coronilla* spp.)、岩黄芪属(*Hedysarum* spp.)、百脉根属(*Lotus* spp.)、苜蓿属、红豆草属(*Onobrychis* spp.)、三叶草属、野豌豆属(*Vicia* spp.)。

世界草地畜牧业发达国家,如美国、加拿大、丹麦、新西兰、澳大利亚等国都建立了强大的牧草种子产业,成为重要的牧草种子生产和输出国,国际种子联盟(ISF)对国际牧草种子市场长期调查的数据表明(表 1-1),在 2001—2007 年期间,禾本科牧草种子生产量远高于豆科牧草种子生产量,且豆科和禾本科牧草种子生产量的年际波动较大,在 2001/2002 年禾本科、豆科牧草种子生产量分别达到 851126t、136072t。到 2002/2003 年种子生产量急剧下滑,禾本、豆科牧草种子生

产量分别下降 33%、28%。此后种子生产量呈现逐渐上升的态势,只有豆科牧草种子生产量在 2006/2007 年增长较快,超过 2001/2002 年的生产水平。但禾本科牧草种子生产量仍未达到 2001/2002 年的生产水平。

表 1-1 国际种子联盟对于牧草和草坪草种子市场调查情况汇总

年度	禾本科草种子	豆科草种子
2006/2007	757 446	141 879
2003/2004	647 206	132 954
2002/2003	568 906	97 853
2001/2002	851 126	136 072

1. 北美和南美种子生产区

北美地区是目前世界上最大的冷季型草坪草、牧草种子主产地和商品种子供应地,集中分布于美国西北部的俄勒冈州、爱达荷州、华盛顿州以及加拿大的西南四省区。北美地区具有优越的气候条件、土地肥沃,而且具有种草的历史传统,种植者拥有丰富的生产经验和熟练的操作技能,使该区域成为世界上最重要的商品种子生产区。主要生产草地早熟禾、高羊茅(*Festuca arundinacea*)、黑麦草(一年生和多年生)、细叶羊茅、翦股颖、鸭茅(*Dactylis glomerata*)、猫尾草(*Phleum pratense*)、冰草、无芒雀麦(*Bromus inermis*)以及苜蓿(*Medicago sativa*)、白三叶(*Trifolium repens*)、红三叶(*T. pratense*)等草种。

美国年产草籽 40 万 t 以上,其中草坪草种子约为 20 万 t。而俄勒冈州、华盛顿州、爱达荷州是草籽的集中生产地区。俄勒冈州是世界上重要的禾草种子生产基地,历年平均具有种子生产田 21.2 万 hm²,年产种子 35 万 t 以上(2006—2009 年平均),以生产多年生黑麦草、多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)、高羊茅和草地早熟禾为主。而在大平原北部和中部各州是冰草属、披碱草属和雀麦属种子的生产区,明尼苏达州及邻近各州长期以来一直进行藜草(*Phalaris arundinacea*)种子的生产。在加拿大每年生产牧草种子 3.5 万~4.5 万 t,豆科牧草以紫花苜蓿为主,其他牧草有红三叶、杂三叶(*T. hybridum*)、草木樨和百脉根,禾本科牧草种子生产以猫尾草为主,还有一些无芒雀麦和冰草属种子的生产。

根据国际种子联盟的调查统计(表 1-2),在 2003/2004 年和 2006/2007 年,北美地区黑麦草属种子生产量达到全球总产量的 59%,而羊茅属种子则达到全球总产量的 73%。草地早熟禾在 2006/2007 年生产量高达全球产量的 80%,其中美国是主要的生产地区。雀稗属种子生产量所占比例较低,仅为 1/3。豆科牧草中紫

花苜蓿也是北美地区生产的主要草种之一,在 2003/2004 年生产量达到全球产量的 58%,在 2006/2007 年有所下降,也占到 48%。

表 1-2 国际种子联盟对北美地区部分牧草与草坪草种子生产量的调查

草种	2003/2004 年种子产量			2006/2007 年种子产量		
	美国	加拿大	全球总产量	美国	加拿大	全球总产量
黑麦草属	218 500	8 700	385 060	245 428	14 000	441 165
羊茅属	119 000	15 200	184 416	152 991	14 900	230 641
草地早熟禾	25 000	2 200	37 327	47 000	0	58 885
雀麦属	1 100	560	12 778	0	1 250	3 949
紫花苜蓿	31 000	18 000	85 799	0	13 500	28 418

在南美生产区,乌拉圭、阿根廷等国家也能生产部分禾本科羊茅属、黑麦草属、无芒雀麦及豆科苜蓿、三叶草等草种,但生产能力有限,尚不能满足本国需要,部分种子来源仍靠进口。2006/2007 年阿根廷生产的禾本科、豆科牧草种子生产量分别为 8 471 t 和 3 027 t,分别占到世界商品生产量种子的 1.1% 和 2.1%。阿根廷年种子生产量虽然不大,但几乎涉及了大多数牧草和草坪草种类。

2. 欧洲生产区

欧洲是世界上第二大草种生产区,集中分布于欧洲中北部的荷兰、丹麦、意大利、德国、法国、比利时等国家。如丹麦有专业草种生产田 5.1 万 hm^2 ,集中在干旱地区。东欧地区的捷克、匈牙利、罗马尼亚等国也正在积极寻找和开辟草种生产。草坪高羊茅在欧洲的使用不像美国那么普及,这一地区生产的草坪草种子主要集中在黑麦草(一年生和多年生)、细羊茅、鸭茅、无芒雀麦和翦股颖等种类上,草坪绿地所用的草地早熟禾种子大部分依然来自美国。

根据国际种子联盟的调查(表 1-3),欧洲地区每年可生产大部分牧草和草坪草种子,其中一年生黑麦草和多年生黑麦草的产量占到全球总产量的 31%。但由于各国家气候和生产条件的差异,所生产的牧草和草坪草种类也不同。其中,德国、丹麦、法国和荷兰能够生产大部分牧草和草坪草种,提供大量种子。虽然丹麦没有紫花苜蓿种子生产,但其白三叶种子生产量较高。法国和意大利可以生产约 1.1 万 t 的紫花苜蓿。比利时主要生产一年生和多年生黑麦草,其他种类种子很少。英国除了主要生产多年生黑麦草外,还生产一定量的鸭茅、紫羊茅、一年生黑麦草种子。

表 1-3 国际种子联盟对欧洲地区部分牧草与草坪草种子
2006/2007 年生产量的调查

草种	比利时	德国	丹麦	法国	意大利	荷兰	英国
雀麦属	0	0	0	200	0	0	0
鸭茅	0	84	2 451	2 600	27	35	232
高羊茅	0	207	3 937	4 100	140	2 850	0
草地羊茅	10	2 781	1 086	55	0	15	0
紫羊茅	4	1 766	33 830	3 400	0	2 900	281
一年生黑麦草	2 401	12 642	3 377	3 500	4 865	1 900	227
多年生黑麦草	1 038	9 006	50 403	11 500	10	26 500	5 679
草地早熟禾	0	161	10 123	0	0	1 300	0
紫花苜蓿	0	44	0	5 500	5 540	0	0
红三叶	8	364	105	1 400	125	1	12
白三叶	0	32	2 806	60	3	0	2

3. 澳洲生产区

澳大利亚和新西兰畜牧业很发达,也堪称是世界上重要的草种子生产国,其中的绝大部分为牧草用种子。在新西兰南岛干旱区分布着 2.5 万~4.6 万 hm^2 的专业牧草种子生产田,占新西兰牧草种子生产田 80% 以上。生产种类主要有黑麦草和三叶草,另有少量无芒雀麦、猫尾草、小黑麦(*Triticale*)、鸭茅、落草(*Phalaris* spp)、冰草等。澳大利亚的维多利亚省及南澳某些地区,开辟有一定面积的草坪草种子生产田,但产量很小,市场需要量的绝大部分依靠美、欧进口。因此,寻求扩大冷季型草坪草种子的生产,在当地已越来越多地受到人们的重视。

新西兰是黑麦草、白三叶种子的生产大国,按照国际种子联盟的统计,白三叶种子产量年平均 3 322 t,2006/2007 年生产种子 5 387 t,占世界白三叶种子产量的 43%。

4. 亚洲和非洲生产区

亚洲和非洲虽然是世界上农业发展历史最久远的地区,但是草业发展的整体水平却比较落后。该地区基本没有商品化草坪植物种子生产,牧草种子生产方式大多沿用原始方式,草种子生产量很低,基本上都是供应本地区所用。然而,随着该地区经济发展和环境保护事业的加强,这两大洲必然孕育着巨大的市场潜力和发展空间,也由此形成对草坪、牧草种子的巨大需求。