

实用牧草种子学

韩建国 著



中国农业大学出版社

实用牧草种子学

韩建国 著

中国农业大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

实用牧草种子学/韩建国著. —北京: 中国农业大学出版社, 1997. 9
ISBN 7-81002-853-7

I. 实… II. 韩… III. 牧草-种子-研究 IV. S540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 08380 号

责任编辑 雷克敬

封面设计 郑川

出版 中国农业大学出版社

发行 新华书店

印刷 北京丰华印刷厂印刷

版次 1997年9月第1版

印次 1997年9月第1次印刷

开本 16开 17.125印张 426千字

规格 787×1092

印数 1~3000

定价: 28.00元

前 言

《实用牧草种子学》是作者在中国农业大学6年多的牧草种子学教学与牧草种子科学研究中不断总结和积累的基础上撰写而成的。全书在注重牧草种子的形态、解剖结构、化学组成、形成及发育、休眠、萌发、活力和寿命等基础理论的前提下，加强了牧草种子分类、牧草种子打破休眠的方法、牧草种子质量检验、牧草种子活力测定方法、牧草种子生产、牧草种子审定和牧草种子贮藏等操作和实践部分的内容，使其更具实用性，既可作为高等院校和科研院所教师、研究人员、研究生和本科生的参考书和教材，又可作为牧草种子生产、流通和运用中广大科技干部、推广人员和技术员的工具书。

书中所举实例大部分为近25年间牧草、草坪草、饲用作物和水土保持植物种子科学研究的新成果，对全书的理论部分提供了有力的支持。书中部分经典性例子引用了农作物、蔬菜、花卉和药用植物种子的研究成果，用以阐明一般性原理和规律，随着牧草种子科学研究的不断深入，有待于进一步的补充和完善。

本书撰写过程中受到了多方的支持和帮助。农业部畜牧兽医司、国家科委国际交流司、国家教委留学生服务中心、国家自然科学基金委员会生命科学部和新西兰国家草地农业研究院以不同的方式给予了资助，使作者在牧草种子领域进行了多方面的科学研究，完成了国际合作项目，并从国外收集到了大量的资料，使全书内容更加丰富。在文稿的整理和出版中受到了李枫、房丽宁等同志的大力帮助，在此一并致谢。

由于材料所限，编写时间仓促，作者学识有限，错误和不足在所难免，望读者多提意见，以便再版时修正。

韩建国

1997.1.15

目 录

绪论	(1)
一、牧草种子的重要性	(1)
二、牧草种子学的概念及研究内容	(1)
三、种子的涵义	(2)
四、牧草种子业的现状与发展	(3)
第一章 牧草种子的形态、解剖特征与分类	(5)
第一节 牧草种子的解剖结构	(5)
一、种皮	(5)
二、胚	(6)
三、胚乳	(7)
第二节 牧草种子的形态特征	(8)
一、禾本科牧草种子形态特征	(8)
二、豆科牧草种子形态特征	(10)
三、菊科牧草种子形态特征	(11)
第三节 牧草花序和花(小花)的形态	(11)
一、花序的类型	(11)
二、花或小花	(12)
第四节 牧草种子的分类与检索	(14)
一、主要牧草种子的形态、解剖特征	(14)
二、主要牧草种子分类检索	(19)
三、牧草种子分类学词汇	(25)
第二章 牧草种子的化学成分	(28)
第一节 牧草种子中的水分	(28)
一、种子中水分的存在状态	(28)
二、水分在种子中的吸附和解吸过程	(28)
三、影响种子水分的因素	(29)
第二节 牧草种子中的营养成分	(30)
一、糖类	(30)
二、脂类	(34)
三、蛋白质	(36)
四、矿物质	(39)
第三节 牧草种子中的酶、激素及色素	(39)
一、种子中的酶	(39)
二、种子中的维生素	(42)
三、种子中的激素	(43)
四、种子中的色素	(45)

第三章 牧草种子的形成与发育	(46)
第一节 牧草的花芽分化	(46)
一、禾本科牧草的花序分化	(46)
二、豆科牧草的花序分化	(48)
第二节 牧草的开花、传粉与受精	(52)
一、开花	(52)
二、传粉	(53)
三、受精	(53)
第三节 牧草种子的发育过程	(55)
一、胚的发育	(55)
二、胚乳的发育	(57)
三、种皮的发育	(58)
第四节 牧草种子形成发育过程中的物质变化	(60)
一、种子贮藏物质的来源	(60)
二、种子形成过程中的物质转化途径及形式	(62)
三、种子发育过程中贮藏物质的积累	(62)
四、种子发育过程中激素的变化	(65)
五、种子发育期间酶类的变化	(66)
第五节 牧草种子的成熟	(66)
一、种子的成熟阶段	(67)
二、环境条件对种子成熟的影响	(67)
第四章 牧草种子的休眠	(69)
第一节 休眠的概念和意义	(69)
一、休眠的概念	(69)
二、休眠的意义	(69)
第二节 牧草种子的休眠类型	(70)
一、种(果)皮的透性或机械束缚引起的休眠	(70)
二、胚需要后熟引起的休眠	(73)
三、种子萌发的抑制物质引起的休眠	(74)
四、光效应引起的休眠	(76)
五、综合休眠	(77)
第三节 种子休眠机理	(77)
一、激素调节学说	(77)
二、光敏素调控学说	(79)
三、呼吸途径调控学说	(82)
四、能量调控学说	(84)
第四节 打破种子休眠的方法	(87)
一、物理处理方法	(87)
二、化学处理方法	(88)

第五章 牧草种子的萌发	(93)
第一节 牧草种子萌发的概念及萌发的过程	(93)
一、种子萌发的概念	(93)
二、种子的萌发过程	(93)
第二节 牧草种子萌发的生理生化	(94)
一、活化	(95)
二、修复	(95)
三、分解代谢	(96)
四、蛋白质与核酸的合成	(100)
第三节 牧草种子萌发期间的呼吸强度及呼吸商	(101)
一、萌发种子的呼吸强度	(101)
二、种子的呼吸商	(102)
第四节 牧草种子萌发期间的呼吸途径及能量转化	(103)
一、种子萌发期间的呼吸途径	(103)
二、种子萌发期间能量的转变	(107)
第五节 牧草种子萌发的生态条件	(110)
一、水分	(110)
二、温度	(111)
三、氧气	(112)
第六章 牧草种子检验	(113)
第一节 牧草种子检验的意义	(113)
一、牧草种子检验的起源与发展	(113)
二、牧草种子检验的目的及意义	(114)
三、牧草种子检验的程序	(114)
第二节 扦样	(115)
一、扦样的目的	(115)
二、种子批及扦样原理	(115)
三、种子批均匀度测定	(120)
四、样品种类	(121)
五、扦样器及扦样方法	(121)
六、送检样品及分样	(123)
第三节 净度分析	(126)
一、净度分析的目的	(126)
二、净度分析的标准	(126)
三、净度分析的程序	(130)
四、其它植物种子数测定	(132)
第四节 发芽试验	(133)
一、发芽试验的重要性	(133)
二、发芽试验设备	(134)

三、标准发芽试验程序	(135)
四、促进种子发芽的处理方法	(142)
五、种苗评定	(143)
第五节 生活力测定	(147)
一、种子生活力测定的意义	(147)
二、四唑染色图形技术	(147)
三、软X射线造影技术	(152)
第六节 水分测定	(153)
一、种子水分测定的意义	(153)
二、烘干减重测定法	(153)
第七章 牧草种子活力	(156)
第一节 牧草种子活力的意义	(156)
一、种子活力的发展历史	(156)
二、种子活力的概念及定义	(158)
三、种子活力的重要性	(159)
第二节 种子活力组分及影响活力的因素	(160)
一、种子的活力组分	(160)
二、影响种子活力的因素	(160)
第三节 种子活力的生理生化基础	(166)
一、种子老化与劣变的概念	(166)
二、种子老化与劣变的实质	(168)
第四节 种子活力的测定	(173)
一、电导率测定	(174)
二、加速老化测定	(175)
三、低温测定	(176)
四、亚低温发芽测定	(176)
五、控制劣变测定	(177)
六、复合胁迫活力测定	(178)
七、希氏砖砾测定	(179)
八、种苗生长和种苗评定测定	(179)
九、四唑测定	(180)
第八章 牧草种子生产	(182)
第一节 牧草种子产量	(182)
一、牧草潜在种子产量、表现种子产量及实际种子产量	(182)
二、牧草潜在种子产量与实际种子产量的差距及原因	(183)
三、提高牧草实际种子产量的可能性	(185)
第二节 牧草种子生产地区的选择	(185)
一、牧草种子生产对气候的要求	(185)
二、牧草种子生产对土地的要求	(188)

第三节 牧草种子生产的田间管理	(189)
一、建植	(189)
二、施肥	(192)
三、灌溉	(194)
四、杂草防治	(195)
五、病虫害防治	(196)
六、人工辅助授粉	(198)
七、植物生长调节剂的运用	(199)
第四节 牧草种子的收获与加工	(200)
一、牧草种子的收获	(200)
二、牧草种子的干燥	(203)
三、牧草种子的清选	(204)
第九章 牧草种子审定	(208)
第一节 牧草种子审定的目的和意义	(208)
一、牧草种子审定	(208)
二、牧草种子审定的发展	(208)
三、牧草种子审定的目的	(209)
第二节 牧草种子审定资格及等级	(210)
一、牧草品种种子审定资格	(210)
二、审定种子的等级	(210)
第三节 牧草种子审定田间管理及对种子收获加工的要求	(212)
一、牧草种子审定的田间管理	(213)
二、种子收获加工过程中的管理要求	(218)
第四节 牧草种子审定程序	(221)
一、申请	(221)
二、田间检查	(222)
三、种子收获、加工监督	(223)
四、种子的室内检验	(223)
五、贴签和封缄	(224)
六、对照检验	(224)
第十章 牧草种子的贮藏	(226)
第一节 牧草种子的寿命	(226)
一、牧草种子寿命的概念及类型	(226)
二、影响种子寿命的因素	(228)
三、种子寿命的预测	(233)
第二节 牧草种子的贮藏原理	(237)
一、贮藏种子的生命活动及代谢变化	(237)
二、微生物对贮藏种子的影响	(240)
三、仓虫对贮藏种子的危害及控制	(242)

第三节 牧草种子的贮藏技术	(243)
一、牧草种子的分级	(243)
二、牧草种子的包装	(246)
三、牧草种子的贮藏库	(247)
四、牧草种子的贮藏方法	(249)
第四节 牧草种子贮藏期间的管理	(250)
一、入库前的准备及入库	(250)
二、种子堆内温度和水分变化规律	(252)
三、贮藏期间种子的检查	(252)
四、贮藏种子的合理通风	(253)
参考文献	(255)

绪 论

一、牧草种子的重要性

牧草种子是合理利用草原、改良退化草地、培植人工草地所必须的物质基础，也是水土保持工程和城市绿地建设的基础材料。

(一) 人工草地建植及绿地建设中的作用

绝大多数豆科和禾本科牧草人工草地的建植以及退化人工草地的改良是以种子直播建植完成的，多数城市绿地及水土保持植被也是依靠直播牧草或草坪草种子建成的。足量的优质牧草种子是获得高产优质牧草和畜产品的基础，也是扩大人工草地建植面积、加速城市绿地建设速度和大面积国土治理的前提。故对栽培牧草、饲用灌木、水土保持植物、草坪植物种子的形态特征及形成发育规律、种子生产的管理、种子的收获加工、贮藏和保存、种子休眠和萌发特性以及种子质量和基因纯度等有关知识的掌握和运用对加速我国人工草地的建植速度，对大面积水土流失区域的治理和实现城市黄土不露天的目标有着重要的意义。

(二) 天然草地保护和培育中的重要性

任何类型的天然草地，其植被的牧草种类组成与演替，都是以牧草种子的繁衍、传播及种苗的滋生为先决条件的，任何放牧地的退化也是由于优良牧草种子的结实受阻，或是劣质杂草种子繁殖未能得到有效控制，以及水分、光照、温度、土壤或人为利用因子给某些饲用价值低的植物种子的繁殖创造了适宜的条件而形成的。因此，有关对天然草地各种牧草种子的形态学特征、繁殖周期、传播方式及寿命长短的知识是正确判断和分析草地退化、合理保护和培育天然草地的重要依据。

二、牧草种子学的概念及研究内容

(一) 牧草种子学的概念

牧草种子学(The Science of Grassland Seed 或 Forage Seed Science)是研究可用于放牧、干草、青贮和青绿饲料以及草坪和水土保持等植物种子的特征特性、生命活动规律及生产应用和实践的科学。以禾本科、豆科、菊科、藜科等草本植物种子的研究为主，也包括饲用灌木和半灌木植物种子的研究。其主要任务是为牧草、饲料作物、草坪植物、水土保持植物等种子的生产、流通和应用提供科学的理论依据和先进的技术措施。

(二) 牧草种子学的研究内容

1. 牧草种子的形成、形态结构及物质组成 主要研究牧草传粉受精后种子发育过程的形态变化和物质积累规律；成熟种子外部形态和解剖特征；种子贮藏物质的种类及化学组成。为生产中提高牧草种子产量和质量提供理论依据，为牧草种子的识别、鉴定和分类提供技术保证。

2. 牧草种子的休眠和萌发原理 主要研究牧草种子的休眠类型、休眠机理及打破休眠的

机制和方法；种子萌发过程中的形态和物质变化、萌发机理及萌发的条件等。对牧草种子的贮藏具有一定的指导意义，也是牧草种子应用中获得高发芽率种子，提高播种出苗率，确保全苗、齐苗、壮苗以及苗期合理管理的基础。

3. 牧草种子质量检验 主要研究各种牧草种子净度分析、发芽检验、水分测定、生活力测定的理论、方法和标准。牧草种子检验结果是种子生产、调运、贮藏、贸易和使用中衡量种子质量的依据，牧草种子检验也是生产高质量牧草种子、繁荣牧草种子市场和推广各种优良牧草品种的基础。

4. 牧草种子生产及种子审定 主要研究牧草种子产量形成的原理、牧草种子生产的区域性原理、牧草种子生产中的田间管理实践、牧草种子收获、加工、清选技术以及牧草种子生产及良种的繁殖过程中为保持品种的基因纯度而采取的一系列监督、管理和技术措施。是牧草种子生产的理论基础及技术手段，也是高基因纯度优质牧草种子进入市场的前提。

5. 牧草种子活力、寿命及贮藏 主要研究牧草种子活力组分及影响活力的因素、活力变化的生理生化基础、活力测定方法；种子的寿命类型、寿命与老化和劣变的关系、寿命的预测；种子贮藏的原理、贮藏种子的管理技术与措施。是牧草种子及种质资源保存和贮藏的理论依据和技术手段。

(三) 牧草种子学的相关学科

牧草种子学是随着牧草种子的生产和应用兴起的一门年轻的学科，它是以植物学（植物形态性、植物分类学、植物生理学、植物生态学、植物发生学、植物胚胎学）、遗传学、微生物学、生物统计学、物理学、化学（有机化学、生物化学）、地理学等基础学科和牧草育种学、牧草栽培学、草地学、农业气候学、草地生态学、土壤学等应用性学科为基础建立的一门新兴学科。因此为了更好地掌握牧草种子学的内容，充分发挥它在草地畜牧业生产中的作用，必须首先掌握各门基础学科和相关应用学科的知识。另一方面，牧草种子学的知识又是许多其它学科的重要理论基础，因此它可以在广阔的范围内为农业、畜牧业及工业服务。

三、种子的涵义

种子在植物学上是指胚株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，其涵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。牧草种子属农业种子的范畴，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、三叶草、百脉根等的种子。

2. 类似种子的果实 某些牧草由整个子房发育的干果成熟后果皮不开裂，可直接用果实作为播种材料，如禾本科牧草剪股颖、小黑麦等的颖果，菊科牧草的瘦果，豆科牧草中二色胡枝子、草木樨等的荚果，蓼科牧草的坚果等。

3. 带有附属物的真种子或果实 有些牧草在发育过程中花序或花的其它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，如禾本科牧草中大部分带稃片或带颖片的颖果、饲用甜菜的种球、野牛草、地三叶的种球等。

四、牧草种子业的现状与发展

(一) 世界牧草种子产业的现状

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，如美国俄勒冈州每年生产 20 万 t 牧草种子 (Hampton, 1991)，丹麦年产牧草种子 15 万 t，85% 用于出口 (王彦荣, 1996)，欧洲联盟 1994 年生产 15.7 万 t 禾本科和豆科牧草种子 (Kley, 1996)，新西兰每年生产 2 万 t 牧草种子，其中 45%~50% 用于出口 (韩建国 和 Rolston, 1994)。目前，全世界进入国际种子市场的牧草种子每年大约有 20 万 t。

以上各国牧草种子产业有许多成功的经验，主要有①健全的法律制度和完善的种子质量管理机构，凡牧草种子产业发达的国家都有“种子法”、“种子检验规程”、“种子审定规程”、“植物新品种保护条例”等法律条规以及相应的执法或监督机构，如种子质量检验中心(站)、种子审定局(站)、植物检疫站等，使牧草种子在生产、贸易和使用中有法可依，依法进行种子质量的管理，保护了育种者、种子生产者和种子消费者的利益，促进了牧草种子市场的繁荣和发展。②区域性牧草种子生产基地的形成，凡牧草种子产量较高并稳定的国家或地区，都根据牧草种子(小种子)生产对气候条件的特殊要求，划定或自然形成牧草种子的集中生产区，集中生产一种或数种牧草种子，以获得最佳牧草种子产量和质量，提高牧草种子生产的经济效益，如美国的俄勒冈州、爱德华州、华盛顿州等地，丹麦的干旱地区，新西兰南岛干旱的东海岸地区，澳大利亚北部热带牧草种子生产区等。③建立全国性或跨国性的牧草种子生产经营机构，如种子集团、种子公司、种子贸易协会、种子生产者协会等，负责组织和协调牧草种子的生产和贸易，有些机构已成为全球性的，其牧草种子在国际市场上占有很重要的地位。④重视科学研究与成果转化，牧草种子生产发达的国家，如美国、丹麦、新西兰等，政府和种子公司每年投入大量的资金进行新品种的选育、品种适应性检验、种子田间管理技术、种子收获、加工和清选技术、种子检验和审定技术等方面的研究。研究成果均以最快的速度转化为实用技术应用于实践，大幅度地提高了牧草种子的产量和质量，在国际市场的竞争中处于领先地位，如美国俄勒冈州多年生黑麦草的平均产量已达 1 200kg/hm²，高羊茅达 1 400kg/hm²；新西兰试验区多年生黑麦草的产量已达 2 900kg/hm²、高羊茅达 3 600kg/hm²。

(二) 我国牧草种子事业的现状与发展

我国解放初虽然在全国建立了 20 多个草籽繁殖场，但由于对牧草种子生产对气候的特殊要求的认识不足，有些草籽繁殖场的地区选择不太合理，其产量始终不高，严重挫伤了种子生产者的积极性。80 年代以来，我国牧草种子产业有了较快的发展，到 1989 年全国有牧草种子基地 33 万 hm²，年产牧草种子 2.5 万 t (苏加楷, 1996)，近 10 多年来牧草种子产量一直在 2~5 万 t 之间波动。1983 年以来设有草原专业的高等院校分别为本科生和研究生开设了牧草种子学及牧草种子技术等方面的课程，为我国牧草种子事业的发展奠定了一定的基础。国家在 1982 年颁布了“牧草种子检验规程”，农业部从 1985 年以来分别在北京、内蒙古、甘肃、山西、新疆等地建立了 18 个牧草种子质量检验监督中心(站)，中国农业大学牧草种子实验室代表国家的牧草种子检验机构于 1989 年加入了国际种子检验协会 (International Seed Testing Association)，在我国牧草种子对外贸易活动中对牧草种子质量的检验监督起了重要作用。中国草原学会于 1987 年成立了种子科学与技术委员会，在我国牧草种子教学、科研、

质量标准的制定、质量监督、牧草种子流通中信息的交流与传递等方面起了积极的作用。近几年随着改革的深入，以专营或兼营牧草种子和草坪草种子的公司不断增加，充分显示了牧草种子产业的生命力。

尽管我国牧草种子事业有了长足的发展，但与草地畜牧业发达国家相比还存在着很大的差距，我国牧草种子总产量不仅低，单位面积的种子产量也低，质量较差。这与我国迅速发展的草地畜牧业和绿化事业极不适应，我国每年需从国外进口 600~1 000t 优质牧草和草坪种子来满足人工草地建设和绿地建植的需求。因此，建立健全牧草种子经营组织机构、建立牧草种子区域化生产基地、制定植物品种保护条例、制定牧草种子审定规程及执行机构、完善和补充牧草种子检验规程、加强牧草种子的教学、科学研究和技术推广工作，是促进我国牧草种子事业的发展，加速牧草种子市场完善和提高我国草地畜牧业产值的重要措施。

广大牧草种子工作者通过牧草种子知识的理论学习，掌握了牧草种子的生命活动规律，应用现代化科学技术的研究成果，必能将我国牧草种子事业推向更高水平，为草地畜牧业提供必要的物质基础，从而加速我国现代化草地畜牧业的早日实现。

第一章 牧草种子的形态、解剖特征与分类

第一节 牧草种子的解剖结构

牧草种子的内部结构可通过解剖手段获得，绝大多数牧草种子是由种皮、胚和胚乳组成。

一、种 皮

种皮是由珠被发育而来的，分内外两层，内层为内种皮，由内珠被发育而来，外层为外种皮，由外珠被发育而来，内种皮较薄，外种皮厚且粗糙。所有种子的种皮细胞都不含原生质，是没有生命的死细胞，种皮细胞间形成许多孔隙，使种皮形成多孔结构。有些牧草种子的种皮含有脂肪或脂质，或形成角质结构，有些种子种皮由多层厚壁保护细胞构成，如白花草木樨 (*Melilotus albus*) (图 1-1)。

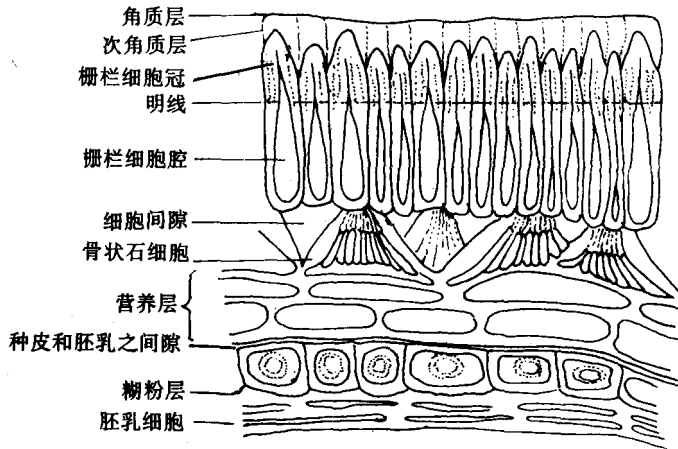


图 1-1 白花草木樨 (*Melilotus albus*) 种皮径向切面 (Hamly, 1932)

种皮的作用是保护种皮内的胚和胚乳抵御损伤和渗透作用，其具有以下几个特点：① 不透性—对于水分、气体具有某种程度的不透性，减少外界环境对胚或胚乳的影响。② 调节性—由于种皮具有限制水分和气体交换的特点，因而起到了调节种子内部组织代谢和生长的作用。③ 粘着性—某些种子吸水后种子分泌植物胶或产生粘性物质，有些种子的种皮上着生易于粘着的附属物，有利于种子水分的保持和种子的传播。

成熟的种子，在其种皮外部仍可看到一些原始的痕迹，如种脐、种孔、种脊、疣瘤等 (图 1-2)。种脐是种子从珠柄上脱落后留下的痕迹，种脐的色泽通常与种皮的其余部分不同，形状大小也随牧草种类而不同，有长、短、圆、宽、窄、平、凸、凹之分。种脐的位置因牧草的种类不同，有的位于种子的顶端，有的位于种子的侧面，有的位于种子的基部。种孔是珠孔

留下的痕迹，种子萌发时，水分先从种孔进入种子内部，使种子吸水膨胀，种子吸胀后，胚根也要通过种孔伸出种皮之外。某些豆科牧草种皮上能明显地看到自种脐到合点（邻接于子叶上端的一个小而黑色的区域）之间有一条隆起的棱脊，是种皮上维管束所形成的隆起，叫种脊（脐条）。有些豆科牧草的种皮在种脐边上具有数目不等的凸起点，或沿种脊处具有隆起的包，称之为疣瘤（或种瘤）。

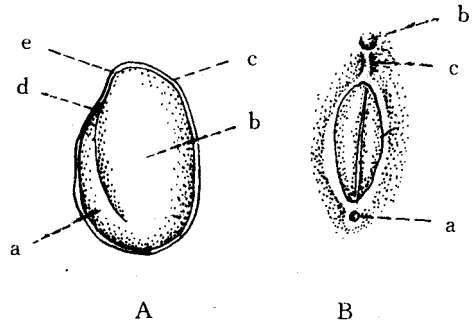


图 1-2 三叶草种子的特征 (Musil, 1961)

A 种子纵切面 a. 胚根; b. 子叶; c. 种皮;
d. 种脐位置; e. 合点
B 种脐部位 a. 种孔; b. 合点; c. 种脊

少数牧草的种皮附有毛或翅，它们有助于种子的传播（如草地山萝卜 (*Succica pratensis*) 和百合属 (*Lilium*) 的某些种）。有些种子的种皮上还带有附属物，如种脐上的疣状凸起物（红三叶 (*Trifolium pratense*) 和羽扇豆 (*Lupinus spp*))，在控制水分进出方面起重要作用。另外一些种皮附属物称之为假种皮，其形状有结节状、带状、脊状或杯盘状，色泽常很鲜明。假种皮是由珠柄、胎座或种子先端发育而成的，常在种皮外形成一层包被。

许多牧草种子外皮是果皮，研究证明这些种子应是果实，如菊科牧草的种子为瘦果，禾本科牧草的种子为颖果。大部分禾本科牧草的颖果之外被稃片或颖片所包被，不易与颖果脱离，和颖果一起构成了禾本科牧草的种子。

种皮、果皮或其包被的附属物具有各种复杂的特征，如不同的颜色和斑纹，凹陷形成的沟、脊及表面的钩、刺、突起、翅、毛等是识别种子的重要依据。

种皮、果皮或其包被的附属物具有各种复杂的特征，如不同的颜色和斑纹，凹陷形成的沟、脊及表面的钩、刺、突起、翅、毛等是识别种子的重要依据。

二、胚

胚是种子最重要的组成部分，是由受精卵发育而来的幼小植物体，在种子发芽时发育为种苗。各种牧草种子的胚，因各部分发育不均一，其形状也各不相同，但基本构造是一致的，由胚芽、子叶、胚轴和胚根组成（图 1-3；1-4）。

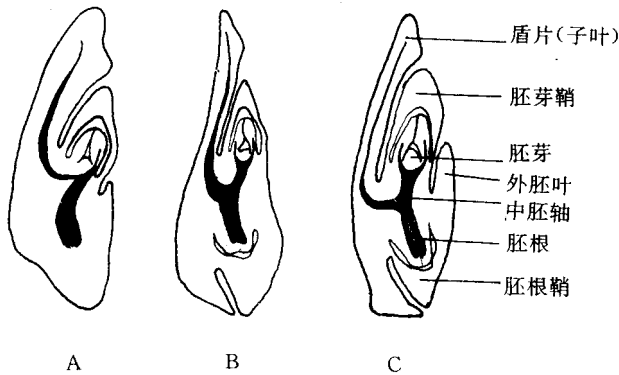


图 1-3 禾本科牧草胚的结构 (Reeder, 1953)

A. 鸭茅 (*Dactylis glomerata*) ; B. 阔叶臂形草 (*Brachiaria platyphylla*) ; C. 野牛草 (*Buchloe dactyloides*)

(一) 胚芽

胚芽位于胚轴的顶端，是茎和叶的原始体。它的尖端是茎的生长点。胚芽将来发育为植株的地上部分。高度分化的胚中，胚芽顶端由初生叶所包被。禾本科牧草的胚芽，除被胚叶所包被外，还有一封闭的胚芽鞘包被着生长点和胚叶，并在发芽出土过程中起保护胚芽的作用。

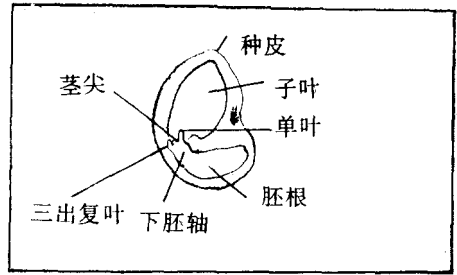


图 1-4 紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 种子解剖结构图 (Heath 等, 1985)

(二) 子叶

子叶为幼胚的叶，着生于胚轴上，单子叶植物种子具一枚子叶，双子叶植物种子具两枚子叶，裸子植物具多枚子叶。子叶在种子内的功能是贮藏营养物质或执行吸器的功能，即吸收营养物质供胚生长发育初期所利用。子叶出土发芽的牧草种类，其子叶在种子形成种苗后，很容易与真叶区分开来，子叶一般比真叶肥厚，叶缘圆滑，叶脉不明显。胚芽位于两片子叶间，子叶对胚芽起保护作用，特别是在子叶出土发芽牧草的发芽过程中。子叶出土牧草的子叶又是种苗生长初期的营养同化器官，进行光合作用，供种苗生长利用。单子叶植物的子叶具有特殊的生理机能，在种子发芽时，它不仅能分泌出各种酶来分解胚乳中的营养物质供幼胚生长，又能同化吸收营养物质来满足幼胚生长发育对养分的大量需求。

(三) 胚轴

胚轴是连接胚芽和胚根的中间部分，由发达的距间分生组织构成。在种子萌发前，胚轴常短缩而不明显，因此，胚芽、胚轴和胚根的界限从外部不易分辨，只有通过解剖学观察才能确定。子叶出土发芽的牧草种子在发芽过程中，子叶着生点之下，胚根之上的胚轴部分——下胚轴伸长，将子叶和胚芽一起带出土面，如苜蓿属 (*Medicago*)、百脉根属 (*Lotus*)、草木樨属 (*Melilotus*)、三叶草属 (*Trifolium*)、柱花草属 (*Stylonsanthes*) 等。子叶留土发芽的牧草种子在发芽过程中，其子叶着生点之上的胚轴部分——上胚轴（第一真叶或第一对真叶之下）和胚芽的伸长及生长使胚芽伸出土面，如野豌豆属 (*Vicia*) 和豌豆属 (*Pisum*) 植物的种子。禾本科牧草种子发芽时，其盾片着生点之上、胚芽鞘节之下的胚轴部分——中胚轴和胚芽鞘的伸长及生长将胚芽送出土面。

(四) 胚根

胚的原始主根，在发芽期间穿过种皮发育为初生根。胚根先端是根冠，被根冠包被着的是根尖分生组织，当种子萌发时，根尖分生组织的分生细胞迅速分裂分化和生长而产生根的次生组织。禾本科植物种子的胚根常被胚根鞘包被。

三、胚 乳

胚乳是由受精的中央极核发育来的，由一个精细胞与两个中央极核结合产生的，胚乳细胞至少为三倍体。胚乳作为种子的营养组织 (图 1-5A)，在种子萌发胚的生长过程中逐渐被消耗。珠心组织受精前是胚珠的主要组成部分，受精后只有少数牧草 (甜菜属 *Beta*) 珠心存留为一层类似胚乳的组织，贮藏营养物质，称之为外胚乳 (图 1-5C)。有些牧草种子的胚乳在种子的发育过程中被胚所吸收而消耗尽，因此成为无胚乳种子。无胚乳种子中，营养物质贮藏