



牧区 半牧区 草牧业
科普系列丛书

草种子 综合保存技术

李志勇 李鸿雁 黄帆 等 主编



非外借

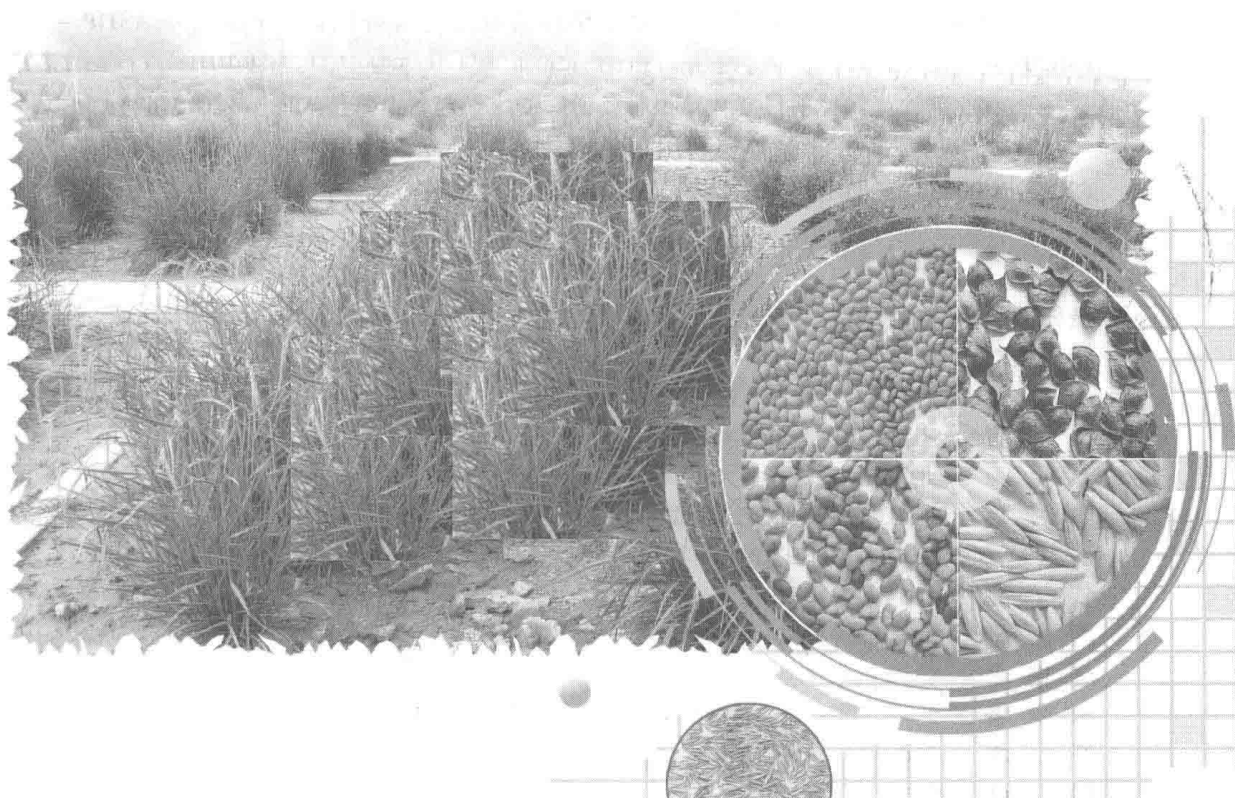
中国农业科学技术出版社



牧区 半牧区 草牧业
科普系列丛书

草种子 综合保存技术

李志勇 李鸿雁 黄帆 等 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

草种子综合保存技术 / 李志勇, 李鸿雁, 黄帆等主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 10

(牧区半牧区草牧业科普系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2720 - 9

I. ①草… II. ①李… ②李… ③黄… III. ①牧草 - 种子 - 保藏
IV. ①S540. 32

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 203272 号

本书由

1. 中国农业科学院科技创新工程“草种质资源与育种团队”(CAAS - ASTIP - IGR2015)

2. 农业部牧草保种项目“牧草温带备份库的维护与备份繁殖入库”(2015167)

3. 农作物种质资源保护与利用项目“牧草种质资源收集、编目、更新与利用”(2015NWB045) 资助出版

责任编辑 李冠桥

责任校对 杨丁庆

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010)82106632(编辑室) (010)82109704(发行部)

(010)82109709(读者服务部)

传 真 (010)82106625

网 址 [http://www. castp. cn](http://www.castp.cn)

经销者 各地新华书店

印刷者 北京华正印刷有限公司

开 本 710mm × 1 000mm 1/16

印 张 9.5

字 数 168 千字

版 次 2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

—— 版权所有 · 翻印必究 ——

《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》

编委会

主 编：	侯向阳	王育青	
副 主 编：	李志勇	刘雅学	任卫波
编 委：	布 库	常 春	陈立波
	德 英	丁 勇	杜建材
	高书晶	韩 冰	韩文军
	黄 帆	焦 巍	解继红
	李鸿雁	李 俊	李彦忠
	刘爱萍	刘桂香	秦 艳
	萨茹拉	孙启忠	塔 娜
	陶 雅	田青松	万东莉
	万其号	王 海	王照兰
	王 珍	吴新宏	武自念
	徐春波	徐林波	闫志坚
	杨婷婷	杨玉平	于林清
	张福顺	张文静	张晓庆
	张 勇	赵海霞	赵来喜

《草种子综合保存技术》

编 委 会

主 编：李志勇 李鸿雁 黄 帆

李 俊 解继红

参编人员：师文贵 刘 磊 解永凤

杨苗苗 于 洁 迟恩惠

序

我国牧区半牧区面积广袤，主要分布在北方干旱和半干旱地区，覆被以草原为主，自然环境比较恶劣。自古以来，牧区半牧区都是我国北方重要的生态屏障，是草原畜牧业的重要发展基地，是边疆少数民族农牧民赖以繁衍生息的绿色家园，在保障国家生态安全、食物安全、边疆少数民族地区稳定繁荣中发挥着不可替代的重要作用。

近几十年来，由于牧区半牧区人口增加、气候变化以及不合理利用，导致大面积草地退化、沙化、盐渍化。

党和国家高度重视草原生态保护和可持续利用问题，2011年出台了《国务院关于促进牧区又好又快发展的若干意见》，确立了牧区半牧区“生产生态有机结合、生态优先”的发展战略，启动实施“草原生态保护补助奖励机制”，2015年中央“1号文件”提出“加快发展草牧业”，2016年中央“1号文件”进一步提出“扩大粮改饲试点、加快建设现代饲草料产业体系”，为牧区半牧区草牧业的发展带来难得的历史机遇。牧区半牧区草牧业已成为推动我国农业转型升级、促进农牧民脱贫致富、加快实现现代化的重要突破口和关键着力点。然而，长期以来，牧区半牧区农牧民接受科技信息渠道不畅、科技成果应用和普及率不高、草牧业生产经营方式落后、生态和生产不能很好兼顾等因素，制约着草牧业的可持续发展，迫切需要加强草牧业科技创新和技术推广，引领支撑牧区半牧区草牧业现代化。

在农业科技创新工程大力支持下，中国农业科学院草原研究所组织一批中青年专家，编写了“牧区半牧区草牧业科普系列丛书”。该丛书贯彻“顶天立地”的发展战略，以草原生态保护与可持续利用为主线，面向广大农牧民和基层农技人员，以通俗易懂的语言、图文并茂的形式，系统深入地介绍我国草原科技领域的新知识、新技术和新成果，帮助大家认识 and 解决牧区



半牧区生态、生产、生活中的问题。

该丛书编写人员长期扎根牧区半牧区科研一线，具有丰富的科学知识和实践经验。相信这套丛书的出版发行，对于普及草原科学知识，推广草原科技成果，提升牧区半牧区草牧业科技支撑能力和科技贡献率，推动草牧业健康快速发展和农牧民增收，必将起到重要的促进作用。

欣喜之余，撰写此文，以示祝贺，是为序。

中国农业科学院党组书记

陈萌山

2016年1月

《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》

前 言

牧区半牧区覆盖我国 23 个省（区）的 268 个旗市，其面积占全国国土面积的 40% 以上，从远古农耕文明开始，各个阶段对我国经济社会发展均具有重要战略地位。牧区半牧区主要集中分布在内蒙古自治区、四川省、新疆维吾尔自治区、西藏自治区、青海省和甘肃省等自然经济落后的省区，草原作为牧区半牧区生产、生活、生态最基本的生产力，直接关系到我国生态安全的全局，在防风固沙、涵养水源、保持水土、维护生物多样性等方面具有不可替代的重要作用，同时也是我国畜牧业发展的重要基础资源，在区域的生态环境和社会经济中扮演着关键的角色。然而，随着牧区人口增加、牲畜数量增长、畜牧业需求加大，天然草原超载过牧问题日益严重。2000—2008 年的数据显示，牧区合理载畜量为 1.2 亿个羊单位，实际载畜量近 1.8 亿个羊单位，超载率近 50%。长期超载过牧以及不合理利用使草原不堪重负，草畜矛盾不断加剧，草原退化面积持续扩大。从 20 世纪 70 年代中期约 15% 的可利用天然草原出现退化，80 年代中期的 30%，90 年代中期的 50%，持续增长到目前约 90% 的可利用天然草原出现不同程度的退化，导致草原生产力大幅下降、水土流失严重、沙尘暴频发、畜牧业发展举步维艰，草原生态、经济形势十分严峻，可持续发展面临严重威胁。

2011 年，国务院发布的《国务院关于促进牧区又好又快发展的若干意见》明确指出，牧区在我国经济社会发展大局中具有重要的战略地位。同时，2011 年也开始实施草原生态保护补助奖励机制，包括实施禁牧补助、草畜平衡奖励、针对牧民的生产性补贴、加大牧区教育发展和牧民培训支持力度、促进牧民转移就业等举措，把提高广大牧民的物质文化生活水平摆在更加突出的重要位置，着力解决人民群众最现实、最直接、最紧迫的民生问



题，大力改善牧区群众生产生活条件，加快推进基本公共服务均等化。

“草牧业”是个新词，源于2014年10月汪洋副总理主持召开专题会议听取农业部汇报草原保护建设和草原畜牧业发展情况时，汪洋副总理凝练提出了“草牧业”一词。随即2015年中央1号文件中特别强调“加快发展草牧业”，对于经济新常态下草业和草食畜牧业迈入新阶段、谱写新篇章是前所未有强有力的刺激和鼓舞。草牧业是一个综合性的概念，其核心是强调草畜并重、草牧结合，推进一二三产业融合。草牧业的提出无疑是对我国草业和牧业的鼓励，发展草牧业正是“十八大”以来大国崛起的重大步骤。发展草牧业是我国农业结构调整的重要内容，是“调方式、转结构”农业现代化转型发展的重要组成部分，是我国牧区半牧区及农区优质生态产品产业和现代畜牧业发展的重要组成部分，是变革过去粮、草、畜松散生产格局、有效解决资源环境约束日益趋紧、生产效率低及生态成本高等问题的关键突破口，是保障国家食物安全和生态安全的重要途径。

中国农业科学院草原研究所自建所52年来，坚持立足草原，针对草原生产能力、草原生态环境及制约草原畜牧业可持续发展的重大科技问题，瞄准世界科技发展前沿，以改善草原生态环境，促进草原畜牧业发展的基础、应用基础性研究为主线，围绕我国草原资源、生态、经济、社会等科学和技术问题，系统开展牧草种质资源搜集鉴定与评价、多抗高产牧草良种培育与种质创新、草原生态保护与可持续利用、草原生态监测与灾害预警防控、牧草栽培与加工利用、草业机械设备研制等科研工作。在2015年实施中国农业科学院科技创新工程以后，恰逢加快发展草牧业的契机，中国农业科学院草原研究所组织全所精英，把老、中、青草牧业科研工作者组织起来，共同努力，针对目前牧区半牧区草牧业发展的薄弱技术环节，制约牧区半牧区农牧民生产生活的关键技术，以为农牧民提供技术支撑，解决农牧业农村问题为目的，特编著《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》，该套丛书内容丰富翔实，结构通俗易懂，可为牧区半牧区草原退化防治、人工草地栽培、家庭牧场生产经营、家畜养殖技术、牧草病虫鼠害防治等问题提供全面的技术服务，真正的把科研成果留给大地，走进农户。

编者

2016年1月

内容提要

牧草种子是合理利用草原、改良退化草地、培植人工草地所必需的物质基础，也是水土保持工程和城市绿地建设的基础材料。牧草种子收获后到再次播种，一般都要经过一定的贮藏时期，贮藏方法的正确与否及贮藏条件的好坏，都关系到牧草种子的品质，影响到下一代牧草的生产。

本书基于草种子的一般特性，从保存方法、检验方式到繁殖更新手段对草种子综合保存技术进行了全面的介绍。全书共分为4个章节，第一章对草种子的一般特性进行概括，包括草种子的一般形态和构造、形成和发育、贮藏的营养物质及其休眠与劣变等7个方面。第二章详细讲述了草种子的保存方法，介绍了草种子的保存途径、方式及种质库保存的管理经验，并对草种质资源库保存管理中的需要的条件、设施及操作的注意事项进行了简要说明。第三章对草种子检验方法与步骤进行介绍，包括草种子纯度、净度检验，含水量及发芽力的测定以及种子活力的检验等步骤，列举了主要属种的具体参数以便读者实际操作时参考使用。第四章从草种子繁殖更新的必要性出发，对其工作程序、数据处理与工作总结进行了讲述。

本书应《牧区半牧区草牧业科普系列丛书》的要求出版，以期能为广大农牧民在草种子安全贮藏方面提供基础的科学与技术帮助。

目 录

第一章 草种子的一般特性	(1)
第一节 草种子的概念	(1)
第二节 草种子一般形态和构造	(2)
一、牧草种子的形态特征	(2)
二、牧草种子的解剖结构	(8)
第三节 种子的形成和发育	(12)
一、牧草开花、传粉受精	(13)
二、牧草种子的发育过程	(16)
第四节 草种子贮藏的营养物质	(23)
一、糖类	(23)
二、脂类	(25)
三、蛋白质	(26)
四、矿物质	(27)
第五节 草种子寿命与种子活力	(28)
一、牧草种子的寿命	(28)
二、种子活力的概念及定义	(30)
三、种子活力组分及影响活力的因素	(31)
第六节 草种子休眠与处理	(34)
一、休眠的概念和意义	(34)
二、牧草种子的休眠类型	(35)
三、打破种子休眠的方法	(37)
第七节 种子劣变	(39)
一、种子的劣变	(39)



二、种子劣变引起的细胞结构与功能及生理生化变化	(39)
第二章 草种子保存方法	(42)
第一节 草种子贮藏原理	(42)
一、贮藏种子的生命活动及代谢变化	(42)
二、微生物对种子贮藏的影响	(44)
三、仓虫对贮藏种子的危害与控制	(45)
第二节 草种子保存途径与方式	(46)
一、普通贮藏法	(46)
二、密封贮藏法	(46)
三、低温除湿贮藏法	(46)
第三节 草种子的贮藏管理	(47)
一、草种子的包装	(47)
二、草种子的贮藏库	(47)
三、草种子贮藏期间的管理	(48)
第四节 种质库管理	(50)
一、从田间到种质库	(50)
二、基因库的设计	(54)
三、基因库管理	(60)
第三章 草种子检验	(65)
第一节 草种子室内检验的项目和步骤	(65)
一、草种子室内检验的项目	(65)
二、草种子室内检验的步骤	(79)
第二节 草种子纯度的检验	(83)
一、品种纯度的田间检验	(83)
二、品种纯度的室内检验	(84)
第三节 草种子净度的测定	(86)
一、草种子净度测定的原则	(87)
二、草种子净度测定的方法	(87)
第四节 草种子含水量的测定	(88)
一、草种子中的水分	(89)
二、草种子水分的标准测定方法	(89)
第五节 草种子发芽力的测定	(91)
一、发芽测定条件	(91)

二、发芽测定的方法	(92)
第六节 草种子活力的测定	(110)
一、草种子活力测定的原理	(110)
二、草种子活力测定的常用方法	(111)
第四章 草种子的繁殖更新	(116)
第一节 草种子繁殖更新必要性	(117)
第二节 工作程序	(119)
一、了解拟繁种质特征特性	(119)
二、制定繁殖更新方案	(119)
三、田间设计	(127)
四、田间种植与栽培管理	(128)
五、草种子收获与处理	(133)
第三节 数据处理与工作总结	(136)
参考文献	(137)

第一章

草种子的一般特性

第一节 草种子的概念

种子，是一代植株或枝条生命活动的终结和产物，又是新一代植株产生的开始。它是植物有机体遗传基因的携带者，是新一代植物形成和发展的物质基础，是植物生物种的延续和发展。

从一代种子至下一代种子的形成与获得，需要经历很多不同的阶段。首先种子经各种因素的传播带入土壤内，在土壤内萌发产生新的幼苗，继而生长发育成新的植株。在它们的两性器官形成以后，经过开花授粉、胚珠发育形成新一代种子。栽培植物所形成的这些种子经过收获、清选、干燥最后贮藏起来，又再经过播种等一系列阶段，再次形成新的一代植物体，如此反复，一代一代地延续下去。

从种子到种子所经过的上述一系列阶段，都和外界环境条件有着密切的关系。这些外界环境条件包括着三个大的方面，即气象因素、土壤因素和生物因素。在气象因素中，有光照、温度、水分、空气；土壤是植物居住的环境条件，又是植物的水分、营养物质的提供者，土壤的 pH 值、盐类及其含量，土壤的质地、结构、营养物质的含量，无不影响着植物的生活和生存；生物因素中，包含着人类的活动、动物的生活与活动、昆虫、细菌及微生物等。它们在植物从种子到种子的各个阶段上，都有着极其重要的作用。在一定的条件下，一些因素是主导因素，而在另一定的条件下，其他一些因素又成为主导因素，但它们又是相互影响和相互制约的。

牧草及其种子，作为一个有生命活动的有机体，除同上述过程外它有着自己生长、发育的生物学规律。研究应用与调节这些节律及其与环境条件的



相互关系，是牧草种子生产者的职责，而牧草种子生产的任务，仍是生产大量的品质优良的牧草种子。

所谓优良牧草种子，它包含两个方面的含义：一是指具有各种优良性状的品种；二是指优质的种子，即播种用的种子具有高度的播种品质。前者是通过育种、良种繁育的各项制度及种子培育的农业技术措施来完成的，后者则是通过一系列栽培措施和种子的收获、清选、干燥、贮藏等工序来保证的。但是，这两个方面又是互相联系和依存的，没有优良的品种，不可能收获优质高产的牧草种子；没有优良播种品种的种子，品种优良特性也不可能得到充分的发挥保存提高。

主要栽培的多年生牧草，大部分属于禾本科和豆科两大类。禾本科牧草的种子，实际上是一个果实，通常称为颖果；豆科牧草的种子则是植物学上所称的种子。多年生牧草的种子一般小而轻，贮藏物质少，且禾本科种子常具有芒及其他附属物。

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。

第二节 草种子一般形态和构造

一、牧草种子的形态特征

种子形态是植物中最稳定的特征之一，种子（包括用作播种材料的果

实)形态千姿百态,但每粒种子又有其独特的、相当稳定的、代表本种的基本特征。牧草种子的外部形态是鉴别各种(品种)牧草种子的真实性以及牧草种子清选、分级和检验的重要依据。牧草种子外部的主要特征是形状、大小、颜色、种皮表面特征,种子表面存在的附属物以及种脐的位置、形状、大小凹凸、颜色等。表面特征包括光滑或粗糙,有无光泽。所谓粗糙,是由皱、瘤、凹、凸、棱、肋、脉或网等引起的。瘤顶可分尖、圆、膨大、周围有无刻饰;瘤有颗粒状、疣状(宽大于高)、棒状、乳头状以及横倒棒状和覆瓦状。网状纹有正网状纹和负网状纹,一个网状纹分网脊(网壁)和网眼。半个网脊和网眼称网胞,网眼有深浅和不同性状。种子附属物包括翅、刺、毛、芒、冠毛。

(一) 禾本科牧草种子形态特征

禾本科牧草的种子通常为颖果,干燥而不裂开,为其果皮与种皮相黏着而成。胚位于颖果基部对向外稃的一面,呈圆形或卵形凹陷。禾本科狐茅亚科的牧草(冷季型)的胚长度常小于颖果长的 $1/2$,禾本科黍亚科牧草(暖季型)的胚常大于颖果长的 $1/2$ (图1-1)。胚包括盾片、中胚轴、胚根和胚芽等部分。在胚根和胚芽之外各覆盖这一圆筒形的外鞘,分别称为胚根鞘和胚芽鞘。禾本科牧草种子的种脐为种子与果皮的接触处,呈圆点状或线形,位于与胚相对的一面,亦即对向内稃的一方,称基盘。

紧包着颖果的苞片叫作稃片(图1-2),与颖果紧贴的一片为内稃,对着的一片为外稃。基部有隆起的基盘,外稃质地坚硬,纸质或膜质,内稃膜质或透明、半透明。外稃基本上与颖片相似,其先端完整或具二裂片。外稃顶端或背部可具一芒(图1-3),系中脉延伸而成。芒通常直或完曲;有些种芒膝曲,形成芒柱和芒针两部分。芒柱常螺旋状扭转,有的作二次膝曲,芒柱或芒针上被羽状毛,如长芒草种子。剪股颖属的某些种、看麦娘属、早熟禾属等牧草种子外稃上的芒极为退化或缺失。每小穗仅含一小花或含一枚可孕小花(常为上位小花)和一枚不孕小花(常为下位小花)的禾本科牧草的种子(图1-4),含一小花的内外稃外面或含一可孕小花和一不孕小花的3~4枚内外稃(部分种不孕小花的内外稃退化)外面的薄片为颖片,颖片多为二枚,外面一片为外颖(第一颖),里面一片为内颖(第二颖),二颖片常同质同形,外颖较短,黑麦属、雀稗属、马唐属、地毯草属和狼尾草属等牧草种子的第一颖退化。在野黍属中,第一颖亦退化,而在两颖之间形成一些硬的棒状体。在大麦属中,颖退化成芒状。

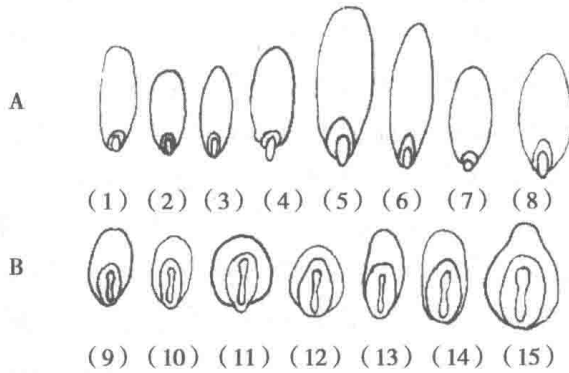


图 1-1 禾本科狐茅亚科和黍亚科牧草胚占颖果的比例 (Reeder, 1957)

- A 狐茅亚科: (1) 草地早熟禾 (*Poa pratensis*); (2) 羊茅 (*Festuca ovina*);
 (3) 鸭茅 (*Dactylis glomerata*); (4) 短穗大麦 (*Hordeum brachyantherum*);
 (5) 弗吉尼亚披碱草 (*Elymus virginicus*); (6) 发草 (*Deschampsia caespitosa*);
 (7) 拂子茅 (*Calamagrostis inexpansa*); (8) 黄花茅 (*Anthoxanthum odoratum*)
- B 黍亚科: (9) 毛线稷 (*Panicum capillare*); (10) 纤细野黍 (*Eriochloa gracilis*);
 (11) 稗 (*Echinochloa crusgalli*); (12) 粉绿狗尾草 (*Setaria glauca*);
 (13) 须芒草 (*Andropogon barbimodis*); (14) 阿拉伯高粱 (*Sorghum halepense*);
 (15) 墨西哥摩擦禾 (*Trispsacum lanceolatum*)

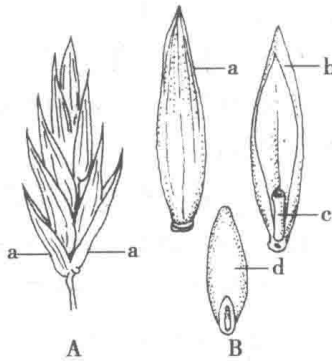


图 1-2 禾本科牧草的小穗及种子 (Musil, 1961)

- A. 小穗 (6 个小花, 基部为颖片)
- B. 小花及种子: a. 外稃; b. 内稃; c. 小穗轴; d. 颖果 (基部为胚)

禾本科牧草的种子为单子叶有胚乳种子, 多为带稃颖果, 在少数禾草中如鼠尾粟属、隐花草属等, 其果皮薄质脆, 易与种皮相分离, 称为囊果 (胞果)。