

MUCAO
ZAIPEIXUE

牧草栽培学

主 编 王 贤
副主编 赵廷宁 丁国栋 陈默君

中国环境科学出版社

牧草栽培学

江苏工业学院图书馆
藏书章

主 编 王 贤

副主编 赵廷宁 丁国栋 陈默君

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

牧草栽培学/王贤主编.—北京:中国环境科学出版社,2006.5

ISBN 7-80209-149-7

I.牧… II.王… III.牧草-栽培 IV.S54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 041703 号

责任编辑 周 煜

封面设计 龙文视觉

出版发行 中国环境科学出版社

地址:北京市崇文区广渠门内大街 16 号 100062

电话/传真:010-67112738

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月第一次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 18

字 数 420 千字

定 价 40.00 元

【版权所有,请勿翻印、转载,违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题,请寄回本社发行部更换

编 委 会

主 编：王 贤

副主编：赵廷宁 丁国栋 陈默君

编 委：王 贤 赵廷宁 丁国栋 陈默君 赵方莹 张维江 曹子龙 郑翠玲
李素艳 李 卫

前言

牧草是现代化农业的重要组成部分，是畜牧业的物质基础。发展以牧草栽培为主要基础的“效益型”畜牧业是我国在生态环境建设中实现生态、经济两个效益双赢的有效途径。大力发展牧草生产，可调整种植业结构，提高土地利用率，显著降低养殖成本，提高饲料粮的利用率和转化率，是推动“效益型”畜牧业发展的动力。发达国家十分重视牧草生产，其重要性与农作物等同，不仅种植面积大，而且进行了深入系统的研究。我国牧草种植也有悠久的历史，但一直未得到很好的发展。近年来，牧草的作用越来越为人们所重视，它因生长迅速、周期短、见效快，经济效益、生态效益显著而深受群众欢迎，在发展农、牧区生态经济中占有重要地位。牧草是发展饲料生产的物质基础，是我国肉、蛋、奶类产品生产健康发展的根本保证，进而成为改变人民饮食结构，提高人民生活水平的有效途径，种草养畜已成为水土流失地区和沙区群众脱贫致富的有效途径之一。

人工栽培牧草是防治草场沙化、恢复草场植被的主要途径，在草场建设中具有重要意义，同时它又是小流域综合治理、防风固沙、特别是构筑西部大开发、全国生态安全的重要组成部分。另外，牧草栽培在绿化山河、美化环境、整治国土中的作用也正为全国人民所认识。20世纪80年代以来，特别是近十几年，随着改革开放的不断深入，牧草栽培技术迅速发展，已成为推动我国农、林、牧区生态建设和经济发展的重要力量。可以预见，随着我国生态建设的不断加强和经济的快速发展，牧草栽培技术必将发挥更大的作用。

牧草栽培学是一门研究牧草生物生态学特性、生长发育规律、饲用价值以及牧草优质高产的栽培技术为主要内容的学科，是一门紧密联系生产实际的综合性应用学科，有很强的实践性。牧草栽培学作为自然科学的一个分支，与植物学、植物分类学、植物生态学、植物生理学、遗传育种学、土壤学、肥料学、灌溉技术、植物保护学、家畜饲养、生物统计学、气象学等学科均有密切关系。

20世纪80年代初，牧草就引起了编者们的浓厚兴趣和密切关注，在进行研究工作和收集相关材料的同时，编写一部综合性的牧草栽培学一直是笔者的一个心愿，也是从事牧草事业工作者和爱好者的呼声。有鉴于此，作者在总结了前人大量研究成果和作者研究工作的基础上，较为系统和全面地论述了各类牧草的生物生态学特性、生长发育规律、饲用价值及优质高产的栽培技术。

本书分两部分：总论和各论，共7章。第一章和第二章为总论，主要阐述与牧草栽培学有关的基础理论和基本知识；第三章至第七章为各论，主要以牧草的生物生态学特性、饲用价值和栽培技术为重点，着重介绍了当前生态、经济效益显著、广为栽培、在生产上大量应用、并在我国有发展前途的牧草。

本书由北京林业大学王贤教授主编，总体设计并拟定了章节内容。赵廷宁、丁国栋、陈默君任副主编。在编写过程中得到了王瑞勤、路端正、李裕久、王世忠等先生的热情帮助，值此结稿付梓之际，谨致衷心的感谢！

本书既可作为全国高等院校的水土保持与荒漠化防治、林学、畜牧等专业的教材，也可用于中等学校同类专业的教学，还可作为农、林、牧、水等部门有关科技人员、工作者的参考书籍。

作者殷切期望本书的出版能引起各界有关人士对牧草栽培事业的更多关注和兴趣，并希望能对从事牧草教学和研究的专家学者及高等院校相关专业学生的学习和研究有所裨益。

尽管笔者在编写本书过程中倾注了大量心血，但由于水平有限，难免存在不妥及错误之处，敬请读者批评赐教。

编者

2006年1月于北京

序

近 20 年来，我国牧草业发展迅速，已成为农业产业结构调整，发展所谓“商品农业”，促进农民增收的支柱产业之一。在农业生态复合系统中，牧草业在区域开发中的地位日益提高。这种形势的出现，究其原因，一方面随着我国加入 WTO，农产品市场将逐步全面对外开放，粮棉油等农产品由于品质和成本等因素，在一段时间内将处于国际竞争的劣势。为了适应这种新情况，尽快进行种植结构的调整，实现多元化，发展畜牧和养殖业生产，调整人们的粮食结构，则成为实现农业产业化、提高市场竞争力的重要手段；另一方面在我国，特别是干旱区生态环境大范围恶化，土地生产力降低，水土流失和荒漠化的面积已经超过国土总面积的三分之一，而作为牧草，其在稳定和维持区域生态平衡中的作用，已是有目共睹，甚至不是农学家的钱学森先生，也在为“草”呼吁并提出了“草产业”的概念。“顺天时，量地利”，王贤等先生编写了这本《牧草栽培学》并由中国环境科学出版社出版，正是作者与出版者意识到这样的迫切需求而做出的努力。

牧草作为食物链的基础毋庸赘言，而作为生态系统的维护者在当今的市场经济中往往被忽略。过牧而“杀鸡取卵”、“竭泽而渔”实在是屡见不鲜。在上世纪 30 年代，西北的两位学者沙凤苞，叶培忠先生早就提出发展畜牧与水土保持结合，建议西北地区牧草种植应将饲料价值和保持水土价值兼顾，提出在不宜农的地区种草退耕还牧，同一时期，另有学者提出“深度放牧，草场退化则立等可见”。本书编者继承了这种“草地农业”思想，对于传统的“栽培学”而言，应该是一种革新。传统的“栽培学”究其实质仍表现为各种牧草的罗列，缺乏针对牧草栽培的总体概念，本书的总论部分博采众长，提纲挈领，特别是对牧草种子及其生产的论述，颇有系统论思想，其综合性、关联性和层次性均较强。本书各论部分集成了作者执教几十年的科研成果和掌握的大量信息。王贤教授“不唯上，不唯书”，事必躬亲的治学精神曾令人感动。80 年代，由于科研经费欠缺，自己在学校原建筑工地之一隅拓荒种草，其地下十之七八竟是砖瓦碎石，辛勤劳作满手老茧犹老农耳。所植牧草，高达丈余，摸索出丰富的栽培经验，于此书各论中可见一斑。

纵观发达国家农业的发展过程，发达的畜牧业和种植业的协调发展，是其主要标志之一，这也应该是我国农业现代化不可或缺的组分。希望这本《牧草栽培学》对从事牧草及其有关学科的工作者有所裨益，共同促进我国草业的发展。

周心浩

2005 年 12 月

绪 论

牧草是指能被草食动物所采食的所有的植物资源，包括放牧和刈割后饲喂的青草和干草、草粉、灌木和半灌木、乔木枝叶。因此，牧草包括的范围很广，种类很多，其中以豆科和禾本科牧草数量最多、也最重要，还有菊科、藜科、苋科及其它科植物。

发展牧草有极其重要的生态、经济、社会和科学意义。

牧草是家畜、特别是草食家畜的食粮，是畜牧业的基础。牧草含牲畜生长发育所必需的营养物质，蛋白质含量常高于一般谷物。天然干草含蛋白质 8%~9%，苜蓿 14%~18%，稻米只有 6.5%~9%。

牧草是陆地生态系统的维护者。草类在地球上分布极广，草地占陆地总面积 20%。我国草场面积占国土面积的 40%，草地稳定和维持了这些地区的生态平衡。

牧草是土壤肥力的建造者。牧草生长迅速，茎叶繁茂，根系强大，残遗有机物多。通过微生物的活动能增加土壤中有机质和腐殖质含量，促使土壤理化性状改变，形成团粒结构，提高土壤肥力。豆科牧草常被比喻成固氮工厂，每公顷豆科牧草年固氮能力为：草木樨 127.5kg，苜蓿 330~375kg，箭筈豌豆 152.25kg。据报道，温带、热带豆科牧草平均固氮水平为 150~200kg/(a·hm²)。种植豆科牧草既可以节约化肥和能源，又是各种农作物的良好前作。澳大利亚实行一年生豆科牧草和农作物轮作，小麦不施氮肥，仍可获得高额产量。在我国，牧草是重要的水土保持和防风固沙植物。严重的水土流失已成为阻碍黄河流域（特别是黄土丘陵沟壑区和风沙区）和长江流域农业生产发展和威胁生态安全最严重的问题。建国以来，土壤流失数量巨大，相当于全国耕地剥去一层活土。然而形成 1cm 的活土却需要 100~400 年的时间。

牧草生长迅速，茎叶繁茂，再生能力强，能很好地覆盖地面，可以最大限度地减少降雨对地表的冲刷及地表径流，发达的根系有很强的保土固沙作用。据测，在同样降雨、地形条件下，农闲地、庄稼地土壤冲刷量比林草地大 40~100 倍。同是 20°坡地，苜蓿地比耕

地径流减少 88.4%，冲刷量减少 97.4%；29°山坡每年总流失量，灌丛为 12t/hm²，玉米地 313.5t/hm²，棉花 426t/hm²。多雨地区，牧草保土能力为作物的 300~800 倍，保水能力为 1000 倍。在水土流失地区栽植牧草既保持了水土，又解决了当地急缺的燃料、饲料、肥料等问题。许多牧草是改造和治理沙漠化土地的优良植物。它们耐贫瘠、耐干旱，不怕风蚀沙埋，能适应沙生环境，起到防风固沙、抗御沙害、保护农田的作用。有些牧草极适于沟坡、堤岸、矿山、沿海地区的水土保持。

牧草是绿化美化城镇环境的重要植物。城镇草坪对调节小气候，净化大气、吸收噪音和尘土有显著作用。每公顷草地每天能产生 600kg 氧气，吸收 900kg 二氧化碳。成人每天呼吸需 0.75kg 氧气，排出 0.9kg 二氧化碳，每人每天需要 25~30m² 草地才能维持健康需要，因此，发展城市草坪有重要意义。很多牧草，如早熟禾属、剪股颖属、羊茅属、结缕草属、三叶草属的一些品种就是城镇空地、园林、运动场绿化的优良植物。

牧草还是巨大的植物资源宝库和遗传基因库。除饲用外，许多草本植物是药用及多种经济用途的植物资源。

栽培牧草是农牧结合的纽带。农业生产包括种植业、畜牧业、土壤耕作三大环节。种植业是通过栽培植物把太阳光能转化为植物产品的化学能，为农业生产第一个环节。植物产品中只有 1/4 可被人类所利用，这就是人类可食用部分及可做轻工业原料的部分。其余 3/4 的根、茎、叶、糠麸等不能为人类直接利用，而畜牧业可利用这部分来生产畜产品，从而成为第二个环节。家畜只能利用所食饲料的一部分，不能利用部分排出体外成为粪尿。人们通过土壤耕作，把残茬、枯落物以及人畜粪尿翻入土中，通过微生物分解又成为植物生长所必需的养料。土壤耕作成为第三个环节。发展农业必须有充足的有机肥，发展畜牧业必须生产充足的饲料，农业和畜牧业互相依存，互相促进，其中心一环就是饲草饲料。栽培牧草既为畜牧业提供充分饲草，又可培肥土壤、保持水土、保护农田，促进农业生产良性循环。因此，栽培牧草是农牧结合的纽带。

在条件适宜地区应实行草田轮作。如黄土高原地区，若以 1/3 土地种植牧草，实行轮作，既可促进畜牧业发展，又可提高土壤肥力，促进农业的发展，使农牧业全面增长，走上草多、畜多、肥多、粮多的良性循环的道路。

综上所述，栽培牧草对于农牧业生产，对生态建设有重要的意义，是实现农牧现代化，改变农业生产结构的必由之路，它还将引起农业制度的重大改革。

二

我国具有历史悠久的农业，早在 2000 多年前汉武帝时已开始种植苜蓿。但在旧中国，由于社会制度和小农经济的局限性，牧草事业始终未能很快发展。

我国现有草山、草坡、草原约 4 亿 hm²，占国土面积的 40%，占世界草地面积的 14%，人工草地在建国前面积积极小，建国后的几十年来发展也十分缓慢，但近几年在西部开发，退耕还林（草）、荒漠化防治等大背景之下，开始迅猛发展起来。

我国气候适宜，草地遍布全国，牧草资源十分丰富，有饲用价值的就有 1 000 种以上。

由于牧草所适应的生态幅度宽广，干旱、贫瘠、高寒、盐碱等恶劣条件，都可能为某些牧草所适应而形成草地。广大草原、森林草原和森林地带更是牧草的适生区。

受落后农业的影响，我国草地事业一直发展缓慢。只有近十多年来，随着改革开放的深入，草地事业才得到较快发展。至今我国已建立了相应的管理、教育、科研机构，成立了草原研究所，在一些院校成立了草原专业，科研队伍迅速壮大，开展了牧草的引种驯化和选育工作，并取得了一系列科研成果；品种区域化也在逐步形成，全国许多省区和地方建立了良种繁育基地；各地进行了人工种草、飞播牧草；活跃了国际学术交流，开展了中外合作开发利用草场和草原生态的研究；1985年通过了“草原法”，在经营管理上推行了家庭连产承包责任制。新时期的一系列新举措、新政策调动了牧民的积极性，民营科研机构，规模草业集团、公司如雨后春笋，推动着草地事业的蓬勃发展。

国外许多发达国家的畜牧业非常先进，畜牧业在国民经济中所占比重很大。例如：新西兰、澳大利亚畜牧业占农业总产值的90%以上，英国70%，美国65%，前苏联52%，日本32%。这已成为衡量一个国家农业现代化的重要标志。

各国在发展畜牧业方面不管国土面积大小，资源贫富，都在合理利用天然草场的同时，大力发展人工草地，如美国有0.32亿 hm^2 人工草地，英国几乎全部是人工草地。因此，大力发展栽培牧草，实行集约化经营，使草地产量很快提高，可为畜牧业发展奠定物质基础，也为流域治理、沙荒地改造、山河绿化和国土整治作出贡献。

但是，我国草地事业总体上看还相当落后，人工草地的建设仍然处在初始阶段，基本上没有摆脱靠天养畜的局面，与畜牧业发达国家的差距还很大。特别是我国草地事业还面临着一些困难。首先，畜牧业在农业总产值中占的比重还很小；其次，我国草地建设起步较晚，天然草地沙化退化问题严重，科学管理经验不足，科技人员缺乏，牧区、草地经营投入少，水平低，生产力不高，远远赶不上国民经济的发展和人民的需要；第三，“重农轻牧”传统落后观念的影响和科学知识贫乏、社会服务滞后等因素仍在阻碍着草地事业的发展。所有这些和我国高速进行的现代化建设的总体面貌很不相称。但是随着全国生态建设、草地建设、荒漠化地区植被建设高潮的到来，牧草事业迎来了她的黄金时代。

三

回顾人类农业发展史，大体上经历了三个发展阶段：即原始农业约7000年，传统农业约3000年，现代农业（亦称石油农业）仅200余年。现代农业以其先进科学技术使生产力得到迅速发展，单产提高了三倍，饲料报酬提高了一倍多，劳动生产率提高了二十多倍。与此同时，石油农业却走进了死胡同，不仅成本昂贵，大量施用农药、化肥、除草剂造成食品与环境的污染。

鉴于人类所面临的人口问题、食品问题、能源问题、资源问题、环境问题等五大问题和全球性生态失调以及石油农业的弊端，使人们不得不从生态学的高度去认识和解决农业问题，这就是生态农业的道路。以生态学理论为指导，正确协调人类、动物、植物、环境之间的关系，使生态、经济、社会效益得以同步充分发挥。草地农业思想是人类农业经营

思想不断发展与完善的结果。其根本特点是：绿色植被多，生物产量高，农副产品利用合理，系统功能效益好，系统动态平衡最佳。

草地农业也叫有畜农业，可以简明概括为：土地—植物—动物三位一体。在该系统中充分调动林草和家畜的作用（林业主要提供生态屏障，同时也提供饲料、木材、燃料、肥料），特别是豆科牧草和反刍家畜的作用，把造林种草与养畜养地结合起来，把土地与家畜结合起来，再把草畜和别的部门结合起来，增加农业系统的多样性、丰产性、稳定性，同时不断把生态系统向外延伸，渐趋复杂化、扩大化，使之更富有弹性。具体说，除在山地、坡地、沟地、林间广泛种植牧草外，在耕地上要建立以豆科牧草为重要组成的合理轮作体系，使氮素营养主要来源于豆科植物固氮、家畜粪肥和作物秸秆，通过良性的营养物质的多次循环多级利用，为土壤、植物、动物提供一个平衡的环境，同时降低能耗，改善环境质量，保护资源，获得经济利益，建立科学的草地农业生产体系，使之有利于解决土地退化问题和经济的持续发展。

草地农业的思想和实践产生于 19 世纪末的欧洲。英国、新西兰以及原苏联、美国、日本等都是草地农业发达国家。直到 60 年代初，草地农业思想才在我国产生并逐步发展，任继周教授是这一思想的主要代表人物。

草地农业思想应该成为农、牧、林、水、治沙一线生产者和科技工作者发展经济、改造自然的有力武器。

四

牧草栽培学是一门研究牧草生长发育规律、生物生态学特性、饲用价值，以及牧草优质高产的栽培技术措施的学科。也是一门紧密联系生产实际的综合性应用学科，有很强的实践性。

牧草栽培学作为一门自然科学，与植物学、植物分类学、植物生态学、植物生理学、遗传育种及土壤学、肥料学、灌溉技术、植物保护、家畜饲养、生物统计学、气象学等学科均有密切关系，学好本课必须掌握这些基础知识。

目 录

总 论

第一章 牧草及栽培基础知识	3
第一节 种植方式	3
第二节 轮作	8
第三节 土壤耕作	10
第四节 牧草施肥	13
第五节 田间管理	15
第六节 牧草的营养、利用和贮存	17
第七节 牧草的种类	25
第二章 牧草种子及其生产	29
第一节 概 述	29
第二节 种子的一般形态和构造	31
第三节 种子的形成和发育	33
第四节 种子的休眠与处理	34
第五节 种子寿命与种子活力	38
第六节 播前种子处理	42
第七节 豆科牧草根瘤菌接种	43
第八节 牧草种子生产的技术要点	46
第九节 牧草种子的收获及干燥	50
第十节 种子的储藏与清选	53
第十一节 牧草种子纯度的保证措施	54

各 论

第三章 禾本科牧草	59
第一节 概述	59
第二节 禾本科牧草与环境条件	63
第四章 冷季禾本科牧草	65
第一节 黑麦草属	65
第二节 鸭茅	69
第三节 猫尾草	72
第四节 薹 草	73

第五节	无芒雀麦	76
第六节	羊草	78
第七节	草地早熟禾	81
第八节	披碱草属	84
第九节	冰草属	88
第十节	羊茅属	93
第十一节	碱茅属	96
第十二节	大米草	99
第十三节	中华结缕草	102
第十四节	龙须草	103
第十五节	芨芨草	106
第十六节	芦苇	107
第五章	暖季禾本科牧草	109
第一节	狗牙根属	109
第二节	雀稗属	113
第三节	狼尾草属	117
第四节	虎尾草属	122
第五节	高粱属	125
第六节	稷属	129
第七节	狗尾草属	132
第八节	马唐属	135
第九节	墨西哥类玉米	137
第十节	香根草	139
第十一节	地毯草	141
第十二节	糖蜜草	142
第十三节	芭茅	143
第六章	豆科牧草	145
第一节	豆科牧草概论	145
第二节	苜蓿属	148
第三节	三叶草属 (车轴草属)	157
第四节	草木樨属	171
第五节	黄芪属	176
第六节	红豆草	185
第七节	小冠花	188
第八节	野豌豆属	191
第九节	胡枝子	204
第十节	紫穗槐	207
第十一节	刺槐	209

第十二节	锦鸡儿属	212
第十三节	岩黄芪属	215
第十四节	白刺花	218
第十五节	百脉根	220
第十六节	柱花草属 (笔花豆属)	221
第十七节	银合欢	225
第十八节	葛藤	228
第十九节	山蚂蝗属	230
第二十节	大翼豆	234
第七章	其它科牧草	236
第一节	串叶松香草	236
第二节	苦荚菜	239
第三节	冷蒿	242
第四节	籽粒苋	243
第五节	聚合草	248
第六节	水葫芦	252
第七节	伏地肤	256
第八节	驼绒藜	258
第九节	四齿滨藜	259
第十节	梭梭属 (盐木属)	261
第十一节	鲁梅克斯 K-1 杂交酸模	263
第十二节	沙拐枣属	265
第十三节	中国沙棘	268

总

论

牧草栽培学

第一章 牧草及栽培基础知识

第一节 种植方式

牧草的种植方式与农作物大致相同，即根据不同的土壤、气候、管理水平和牧草的生物学特性采用不同的种植方式，以获得最高的产量。播种则是牧草生产中关键性的一环，有严格的季节性，也有多方面的技术要求，必须认真做好。牧草可采用单播、混播、间作、套种、轮作等方式。

一、单播

在一块土地上只播种一种牧草。单播虽然不算最好的种植方式，但仍是当前采用最多的方式。有关基本知识也在这里讨论。

（一）种子萌发对环境条件的要求

牧草种子的萌发首先取决于种子的生理成熟度，其次取决于适宜的外界条件。种子萌发的外界条件主要包括：水分、温度和空气。前两者尤为重要。

牧草萌发时，首先需要吸收大量的水分。豆科牧草的吸水量一般为种子本身重量的一倍以上，禾本科牧草吸水量则比较少。禾本科牧草吸水量高的有无芒雀麦、羊茅、多年黑麦草、草地早熟禾；吸水量低的有苏丹草等。一般来说，蛋白质和脂肪含量高的种子，萌发时吸水较多，具颖的禾本科牧草种子吸水率也较高。

最适合种子萌发的土壤湿度因牧草种类不同而不同。一般为田间持水量的 40%~80%，有的在土壤湿度为 15%~20%时也能发芽，但发芽缓慢，出苗率也低。土壤湿度达 80%以上时，氧气不足，降低了种子发芽势和发芽率，增加了种子霉烂。豆科牧草在土壤含水量 40%~60%发芽最好，低于 40%则有显著影响。禾本科牧草要求较低，土壤含水量为 40%发芽较理想，当低于 20%时，禾本科牧草发芽情况好于豆科牧草。在沙地播种牧草，土壤含水量可以低得多，在细沙地上，含水量 3%~4%即可发芽。

温度是种子萌发另一必须的重要因素。通常种子萌发所需温度分为最低、最适、最高三类。表 1-1-1 是牧草种子萌发的温度范围。