

CAOYE YU SHENGTAI HUANJING JIANSHE CONGSHU

草业与生态环境建设丛书

牧草加工 贮藏与利用

玉 柱 贾玉山 张秀芬 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

CAOYE YU SHENGTAI HUANJING JIANSHE CONGSHU

草业与生态环境建设丛书

牧草加工 贮藏与利用

玉 柱 贾玉山 张秀芬 主编



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

牧草加工贮藏与利用/玉柱, 贾玉山, 张秀芬主编. 北京: 化学工业出版社, 2004. 2

(草业与生态环境建设丛书)

ISBN 7-5025-5167-0

I. 牧… II. ①玉…②贾…③张… III. ①牧草-饲料加工
②牧草-贮藏③牧草-综合利用 IV. S54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 005913 号

草业与生态环境建设丛书

牧草加工贮藏与利用

玉 柱 贾玉山 张秀芬 主编

责任编辑: 侯玉周

文字编辑: 李 玥

责任校对: 陈 静 李 军

封面设计: 郑小红

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720 毫米×1000 毫米 1/16 印张 20½ 字数 317 千字

2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5167-0/X·375

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《草业与生态环境建设丛书》

编委会

顾问：洪绂曾 任继周

编委会主任：云锦凤 韩建国

副主任：周 禾 王 堃

编委：(按姓氏笔画排序)

马春晖	马鹤林	王 堃	王明玖	云锦凤	玉 柱
戎郁萍	米福贵	孙启忠	孙洪仁	杨青川	苏加楷
张卫国	张秀芬	张英俊	张蕴薇	周 禾	赵萌莉
贺春贵	耿华珠	袁庆华	贾玉山	徐 柱	韩国栋
韩建国	董宽虎				

内 容 提 要

本书汇集了当前牧草加工调制与利用的先进生产经验和最新科研成果，介绍了饲草料加工调制的青贮技术、干草调制技术、草粉和草颗粒（草块、草砖、草饼）成型工艺技术、叶蛋白提取技术、饲草料发酵技术、饲草料理化加工技术、饲草料安全性生产、草产品质量检测和饲用技术等。

本书内容丰富，理论与实践结合，简明易懂，实用性强。适用于草业科学与农牧业领域的研究人员、科技工作者以及有关管理者，也可作为大、中院校师生的教学参考书。

序

科学家预言：21 世纪将是生物学的世纪，生命科学将成为一切研究的轴心。生命科学是一个非常宽泛的概念，它既包含了生命本身，也涵盖了与生命有关的环境，而现代生命科学更多关注的是生物与环境的持续稳定发展问题。目前，世界范围内的人口、粮食、环境、能源和交通问题愈来愈突出，特别是由于世界经济一体化，使得人类的物质和文化生活水平不断提高，食物结构在悄然发生着变化，这种变化的结果促使整个农业生产发生了变革。基于上述原因，现代农业遇到了难以逾越的障碍，而且更为严重的是由于土地的不合理耕种和滥用化肥、农药，致使土地肥力下降、荒漠化加剧，农业的生态环境问题愈加突出。就是在这种背景下，草业在 20 世纪末期迅速崛起，逐渐发展成为一个独具魅力的朝阳产业，而且正在迅猛发展！

草业是个知识密集型产业，这是在 20 世纪 80 年代由我国著名科学家钱学森总结、提升出来的，它是集牧草生产、加工、销售、转化乃至畜产品营销为一体的系统工程，目前已基本形成以草地畜牧业、草产品加工业、牧草种子生产业、城市绿地草坪业、景观旅游业以及生态保护与治理为总体框架的行业体系；草业又是一个绿色产业，它在为人类提供畜产品的同时，也在施予人类一种无法替代的生态需求。草业本身具有生产和生态双重功能。因此，世界上较发达的国家都非常重视草地畜牧业的发展，如新西兰、美国、英国、法国等国家的草业都占相当大的比例，远远超过了农业种植业，成为一个真正的农业支柱产业。

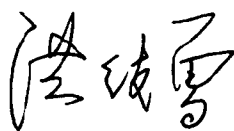
我国拥有 4 亿公顷草地，占国土面积的 41.7%，比林地和农田面积的总和还大，是真正的第一大陆地生态系统，也使我国成为世界第二草地资源大国。但是我国草业整体发展水平并不高，单位面积的产值仅相当于世界上发达国家的几十分之一，主要原因是由于我国的草地资源没有得到科学合理的利用，草地畜牧业生产力水平较低，管理水平落后，草产品的加工能力不足及市场运作不规范，而且最为重要的是草业发展的科学技术支撑不足。特别是近几十年来，由于人口的迅速增长，大面积天然草地被盲目开垦、超载过牧，草地

的生产力水平下降，生态环境恶化。进而导致沙尘暴频发，水土流失严重及荒漠化面积扩大等一系列生态问题，已严重制约了我国农牧业经济的可持续发展。如何进行农业产业结构调整，尽快恢复受损的生态环境，再造一个西部秀美山川，真正营造一个人与自然协调发展的健康持续的生态环境，是摆在我们面前的重任。

目前，我国的西部开发战略和农业结构调整工作都已进入了攻坚阶段，国家对西部地区生态环境治理的力度逐年加大，退耕还林还草、防沙治沙、京津风沙源治理及江河源头生态保护等重大项目相继启动。在这些项目中，草业都占据着十分重要的位置。但是科学宣传方面却明显滞后，国内有关这方面的书籍数量非常有限，更缺乏一定的科学理论体系，在某种意义上来讲，影响了草业的发展。出版一套《草业与生态环境建设丛书》，一方面，可以直接服务于农牧业生产实践；另一方面，对提高人民的生态环境意识、促进我国农牧业的可持续发展具有重要意义。

化学工业出版社与中国草学会合作，组织草学界不同学术领域的一批具有较深学术造诣的专家、学者，其中绝大多数是中青年科学家、学术界的中流砥柱，集中智慧，共同努力，编纂出版了这套《草业与生态环境建设丛书》，这是一件非常有意义的事情，也是草业科学界的一大喜事，它将对推动我国草业科学和草产业的快速健康发展起到十分重要的作用。

相信并期望本套丛书能够受到广大读者的欢迎！



2004. 1. 8 于北京

前 言

我国十分重视生态环境的保护和建设工作，为此在西部地区实施了天然草地保护与建设、退耕还林还草、京津风沙源治理等一系列工程，其中牧草是各项工程建设中生物措施的首选植物之一。此外，种植牧草、发展畜牧业已经成为进行农业产业结构调整 and 增加农牧民收入的重要支点。大力种草的态势已经形成，牧草产量十分庞大。如何科学加工、贮藏和利用转化这一庞大的饲草资源，已经成为草业发展过程中存在的热点问题。在此背景下，我们编写了草业与生态环境建设系列丛书之一，《牧草加工贮藏与利用》这部著作。

编者根据多年来在国内外科研和生产实践中的体会，结合国内外许多同行专家的著作和报道，总结汇编成本书，目的是希望它在促进中国饲草料资源的合理利用、发展动物生产、推动畜牧业更加迅速发展等方面发挥积极作用。本书主要内容包括牧草的适时收获、牧草加工贮藏、牧草与动物生产、牧草安全性生产和草产品检测等。本书由中国农业大学玉柱和内蒙古农业大学贾玉山、张秀芬主编，许庆方、王成杰副主编。全书共分十一章，第一章由许庆方、荀桂荣编写；第二章由玉柱、荀桂荣编写；第三章由王成杰、李存福编写；第四章由玉柱、王成杰编写；第五章由贾玉山、张秀芬编写；第六章由贾玉山、吴海霞编写；第七章由玉柱、刘雨坤编写；第八章由贾玉山、任秀珍编写；第九章由张秀芬、贾玉山、刘廷玉编写；第十章由贾玉山、格根图、张桂莲编写；第十一章由格根图、贾玉山、项锴锋编写。本书的出版得到了化学工业出版社的大力支持，在此表示诚挚的谢意！

本书可供从事草业、养殖业方面的人员使用，也可作为大中专院校师生的参考书。由于成书时间较紧、水平有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2004. 1

目 录

第一章 饲草饲料收获技术	1
第一节 收获对象	1
一、籽实收获	1
二、地上部收获	1
三、地下部收获	1
第二节 收获方式	2
一、人工收获	2
二、机械收获	2
第三节 收获技术	2
一、收获原则	2
二、收获时期	4
三、收获方法	6
第二章 青贮饲草饲料技术	8
第一节 概述	8
一、青贮饲草饲料的意义	8
二、青贮饲草饲料的类型	9
第二节 青贮饲草饲料的机理	11
一、青贮中主要微生物及其作用	11
二、青贮的发酵过程	15
三、青贮过程中营养物质的变化与损失	17
四、青贮料制作时的条件	19
第三节 青贮饲草饲料的设施与机械	20
一、青贮设施种类	20
二、青贮设施容量	23
三、青贮机械	23
第四节 青贮饲草饲料原料	26

一、禾谷类作物	26
二、禾本科牧草	27
三、豆科牧草	27
四、其他青贮原料	27
第五节 青贮饲草饲料生产工艺	27
一、常规青贮生产工艺	27
二、半干青贮技术	29
三、草捆青贮	33
四、添加剂青贮	35
第六节 青贮饲草饲料的利用与管理	38
一、青贮料的品质检测	38
二、青贮开窖的时间与青贮饲料的取用	40
三、青贮料的管理	40
四、青贮饲料的营养价值和饲用技术	42
第三章 青干草加工技术	44
第一节 概述	44
一、青干草生产的意义	44
二、青干草的种类	46
三、影响青干草品质的因素	47
第二节 青干草加工机理	48
一、牧草干燥过程中水分变化	48
二、牧草刈割后生理生化变化	49
三、牧草加工过程中养分的损失	50
第三节 青干草加工工艺	53
一、青干草加工时应掌握的原则	53
二、青干草加工工艺	53
三、青干草加工机械	59
第四节 青干草的贮藏	61
一、干草水分含量的判断	61
二、青干草贮藏过程中的变化	62
三、散青干草贮藏	63
四、打捆青干草贮藏	63

五、青干草添加剂贮藏	65
六、青干草贮藏过程中的管理	66
第五节 青干草的品质检测与利用	67
一、青干草的品质检测	67
二、青干草的利用	70
第四章 草粉加工技术	72
第一节 概述	72
一、草粉加工的意义	72
二、草粉的饲用价值	73
第二节 草粉加工的原料	73
一、草粉原料的要求	73
二、草粉原料种类	74
第三节 草粉加工工艺	75
一、草粉加工工艺	75
二、草段加工工艺	76
三、草粉加工机械	77
第四节 草粉的贮藏	79
一、草粉的贮藏方法	79
二、草粉贮藏的注意事项	80
第五节 草粉的质量检测	80
一、感官鉴定	80
二、营养成分	80
三、质量等级评定	81
第五章 饲草饲料的饲用发酵	83
第一节 概述	83
一、饲用发酵的意义	83
二、饲用发酵的优点	84
三、饲用发酵的种类	87
四、发酵饲草饲料的应用前景	87
第二节 饲草饲料发酵的机理	88
一、秸秆微贮的原理	88
二、秸秆饲用发酵的原理	90

第三节 饲草饲料发酵工艺	91
一、饲草饲料微贮工艺	91
二、饲草饲料酶解发酵工艺	93
三、饲草饲料 EM 菌发酵工艺	95
四、菌糠饲料生产工艺	97
第四节 发酵饲草饲料的检测与利用	98
一、发酵饲草饲料的检测	98
二、发酵饲草饲料的利用	99
第六章 饲草饲料理化加工技术	100
第一节 秸秆的理化加工	100
一、秸秆的饲用价值	100
二、秸秆的物理加工方法	103
三、秸秆的化学加工方法	109
四、秸秆的利用	120
第二节 籽实饲料的理化加工	121
一、籽实饲料的特性	121
二、籽实饲料的理化加工	123
三、籽实饲料的贮藏	126
四、籽实饲料的利用	133
第三节 农工副产品饲料的理化加工	136
一、农工副产品饲料的特性	136
二、农工副产品饲料的加工与利用	139
第四节 木本饲料的理化加工	152
一、木本饲料的特性	152
二、木本饲料的加工与利用	156
第七章 叶蛋白加工技术	161
第一节 叶蛋白加工的概况	161
第二节 叶蛋白加工的原料	163
一、原料应具备的条件	163
二、原料的种类	163
三、原料的采集	164
第三节 叶蛋白的加工机理	164

第四节 叶蛋白加工工艺·····	165
一、叶蛋白的提取工艺·····	165
二、叶蛋白的生产工艺流程·····	169
第五节 叶蛋白的贮存与利用·····	169
一、叶蛋白的贮存·····	169
二、叶蛋白的利用·····	170
三、苜蓿叶蛋白提取后副产品的利用·····	174
四、苜蓿中酶制剂的开发与利用·····	175
第八章 饲草饲料成型加工技术 ·····	178
第一节 概述·····	178
一、饲草饲料成型加工的意义及特点·····	178
二、成型饲草饲料的种类·····	180
三、成型加工的原料·····	182
第二节 饲草饲料成型加工工艺·····	183
一、颗粒饲料的加工·····	183
二、干草块（饼）的加工·····	188
三、饲料舔砖的加工·····	191
四、成型加工机械·····	192
第三节 成型饲草饲料的贮藏·····	197
一、安全贮藏的水分·····	197
二、安全贮藏的方法·····	198
三、贮藏期间的管理·····	198
第四节 成型饲草饲料的品质检测与利用·····	199
一、成型饲草饲料的品质检测·····	199
二、成型饲草饲料的利用·····	201
第九章 饲草饲料安全生产 ·····	204
第一节 概述·····	204
一、饲草饲料安全生产概况·····	204
二、饲草饲料安全生产的意义·····	204
第二节 影响饲草饲料安全性的因素·····	205
一、饲草饲料中的有毒有害成分·····	205
二、饲草饲料的加工调制方法·····	216

三、饲草饲料的利用方法·····	217
四、饲草饲料的霉坏变质·····	217
第三节 低毒饲草饲料去毒加工·····	218
一、低毒牧草去毒加工·····	218
二、低毒青绿饲料去毒加工·····	224
三、低毒饼粕类饲料去毒加工·····	226
四、低毒籽实饲料去毒加工·····	230
第四节 饲草饲料质量安全性控制·····	233
一、配方设计·····	233
二、原料接收·····	233
三、生产过程·····	234
第十章 饲草饲料与动物生产 ·····	235
第一节 饲草饲料与草食家畜生产·····	235
一、饲草饲料与牛的生产·····	235
二、饲草饲料与羊的生产·····	241
三、饲草饲料与马的生产·····	245
四、饲草饲料与兔的生产·····	248
五、饲草饲料与鹅的生产·····	252
第二节 饲草饲料与猪禽生产·····	255
一、饲草饲料与猪的生产·····	255
二、饲草饲料与家禽的生产·····	257
第三节 饲草饲料与鱼类生产·····	259
一、鱼类的消化生理特点·····	259
二、草食性淡水鱼适宜的青饲料品种·····	259
三、配合饲料与鱼类生产·····	260
第四节 饲草饲料与特种动物生产·····	262
一、鹿与饲草饲料·····	262
二、水貂与饲草饲料·····	265
第五节 饲草饲料与畜产品品质·····	266
一、饲草饲料与肉类品质·····	266
二、饲草饲料与蛋类品质·····	268
三、饲草饲料与乳品品质·····	274

第十一章 饲草饲料品质检测技术	277
第一节 概述	277
一、饲草饲料品质检测的意义	277
二、饲草饲料品质检测的内容	279
第二节 饲草饲料检测样本的制备	280
一、采集样本的目的和要求	280
二、采集样本的方法和原则	281
三、检测样本的制备	282
第三节 饲草饲料的常用检测技术	283
一、样本的感官检测法	283
二、样本的物理检测法	283
三、样本的显微镜检测法	284
四、样本的微生物学检测法	285
五、样本的动物实验检测法	285
六、样本的化学分析检测法	285
第四节 常用饲草饲料的检测	286
一、籽实类饲料的检测	286
二、糠麸类饲料的检测	292
三、饼粕类饲料的检测	294
四、矿物质饲料的检测	298
主要参考文献	309

第一章 饲草饲料收获技术

第一节 收获对象

一、籽实收获

籽实饲料是重要的精饲料，主要包括禾谷类籽实和豆类籽实。禾谷类籽实，如玉米、高粱、燕麦、大麦等，适口性好，是单胃家畜、家禽的基本饲料成分。此类饲料含大量的碳水化合物，淀粉占70%左右，粗蛋白质占6%~10%，粗纤维、粗脂肪、粗灰分各占3%左右，所含矿物质中磷较多，钙较少。豆类籽实，如大豆（包括黄豆、黑豆、秣食豆）、豌豆、蚕豆、山豆及野豌豆等。此类饲料粗蛋白质含量一般在22%以上，如大豆为33%~45%，是畜、禽优良的蛋白质补充饲料。

以收获籽实为目的的，有采收种子的饲料作物和牧草，如黑麦、玉米、大豆等。这种收获对象的特点是有明显的成熟期，一般在籽粒蜡熟末期或完熟期时收获。

二、地上部收获

以收获地上部茎叶为主要目的的有牧草与青饲料。这种收获对象无固定收获期，人们可根据栽培的目的及饲喂家畜的种类等确定收获期。如苜蓿作为牛、羊的青干草饲料时，应在单位面积可消化总养分产量最高的初花期收获，而作为猪、鸡的蛋白质和维生素补充饲料时，则应在现蕾期收获。

三、地下部收获

以获取地下部块茎、块根、直根等营养器官为主要目的的，如甘薯、萝卜、马铃薯等饲料作物。这类收获也无固定收获期，但收获期可由外界温度等条件确定，通常在早霜前收获。

第二节 收获方式

一、人工收获

种子的人工收获是指从收割到脱粒、晒粒、包装、归仓完全用人工或畜力进行，不需要借助任何机械的力量。饲料作物或牧草作为青饲料或青干草使用时，其刈割、晒草的过程多用人工劳力进行作业。

二、机械收获

种子的机械收获又分分段收获和联合收获。分段收获是指将成熟期的饲料作物或牧草的收割、晾晒、捡拾、脱粒、包装、归仓分段用不同的机器进行，这些机具简单、轻便、灵活，适宜小面积作业；联合收获是用联合收获机一次完成收获和脱粒等作业，其特点是速度快、效率高、损失少，适宜大面积地块应用。

目前牧草的草产品产业化进入了一个前所未有的发展时期。机械化、现代化的草产品产业从刈割、烘干、压捆到草粉加工，全部实现了机器作业；田间干燥的干湿草捆从刈割、翻草、捡拾压捆、湿草捆拉伸膜包被全部机械化作业。但这些产业化机械投入大、能耗大、成本高，大面积应用尚有一定困难。公司加农户的草品产业化相对比较简单，除了刈割、打捆等必须机器作业外，其余可人工操作，节省费用和生产成本。

第三节 收获技术

牧草收获是牧草生产的关键措施之一。它关系到牧草的产量和草产品的质量，以及对畜禽的营养价值和饲用价值，进而决定了种植牧草的经济价值和收益。所以在牧草的种植进程中，牧草的收获是一项技术性强、时间紧、需要周密计划的重要技术环节。

一、收获原则

2 收获时期确定的原则是兼顾草产品的质量、产量及牧草的再生长。不同生育时期牧草的品质及营养价值是不同的，干物质的产量也有很大的差

牧草加工贮藏与利用