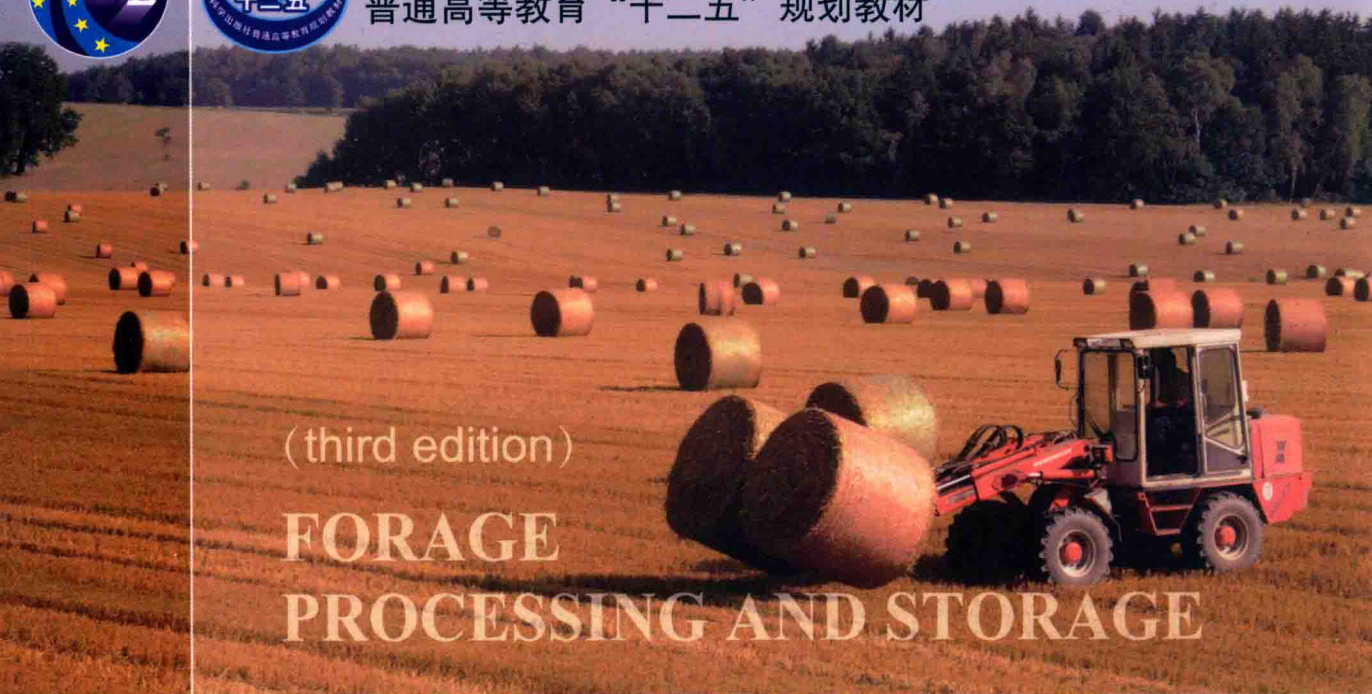




普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等教育“十二五”规划教材



(third edition)

FORAGE  
PROCESSING AND STORAGE

# 牧草饲料加工与贮藏学

(第三版)

贾玉山 玉柱 主编



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
普通高等教育“十二五”规划教材

# 牧草饲料加工与贮藏学

(第三版)

贾玉山 玉柱 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

全书内容共包括 13 章：绪论，牧草及饲料作物的收获，干草加工与贮藏，青贮饲料调制加工，秸秆饲料加工贮藏，木本饲料加工贮藏，工业副产品饲料加工贮藏，低毒牧草饲料的脱毒加工与贮藏，全混合日粮调制加工，饲草饲料成型加工，草产品深加工利用，非饲用草产品加工利用，草产品市场经营。本书注重理论与实践的有机结合，在搜集、甄选当前国内外有关牧草饲料加工与贮藏的前沿理论与最新科研成果的基础上，结合生产实践，重点介绍牧草饲料加工与贮藏的科学理论和工艺技术。

本书既可作为高等院校草业科学、动物科学、食品等专业的本科生教材，也可作为草业科学、动物科学、食品等领域的研究生和生产技术人员的培训教材与参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

牧草饲料加工与贮藏学 / 贾玉山, 玉柱主编. —3 版. —北京: 科学出版社, 2018. 4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-03-056933-2

I. ①牧… II. ①贾… ②玉… III. ①牧草 - 饲料加工 - 高等学校 - 教材  
②牧草 - 饲料贮藏 - 高等学校 - 教材 IV. ①S54 ②S816.33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 049747 号

责任编辑：丛 楠 赵晓静 / 责任校对：王晓茜  
责任印制：吴兆东 / 封面设计：铭轩堂

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

北京建宏印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018 年 4 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2018 年 4 月第一次印刷 印张：19

字数：468 000

定价：59.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

## 《牧草饲料加工与贮藏学》编委会名单

**主 编** 贾玉山 (内蒙古农业大学) 玉 柱 (中国农业大学)

**副主编** 格根图 (内蒙古农业大学) 杨富裕 (中国农业大学)  
许庆方 (山西农业大学)

**参 编** (按姓氏笔画排序)

白春生 (沈阳农业大学) 曲善民 (黑龙江八一农垦大学)

朱慧森 (山西农业大学) 任秀珍 (内蒙古民族大学)

刘庭玉 (内蒙古民族大学) 闫艳红 (四川农业大学)

李运起 (河北农业大学) 李秋风 (河北农业大学)

张晓娜 (内蒙古财经大学) 邵 涛 (南京农业大学)

周玉雷 (赤峰学院) 姜义宝 (河南农业大学)

娜日苏 (内蒙古农业大学) 焦 婷 (甘肃农业大学)

魏臻武 (扬州大学)

**主 审** 张秀芬 (内蒙古农业大学)

# 前 言

20世纪80年代末90年代初我国草产业刚刚起步，急需熟练掌握牧草加工与贮藏理论和技术的产业人才，但是国内相关高校在该领域的教材尚处于空白。为了培养产业需求的人才，原内蒙古农牧学院张秀芬教授组织相关人员，编写了国内农业高等院校第一部草产品加工与贮藏方向的教材《饲草饲料加工与贮藏》。此后，在“十五”和“十一五”期间，甘肃农业大学曹致中教授、中国农业大学玉柱教授和内蒙古农业大学贾玉山教授根据当时的产业和人才培养形势，对该教材进行了一定的修订和完善。进入“十二五”，我国的草产业在国家多项惠草惠牧政策的鼓励和引导下，正以规模化、现代化、机械化的态势迅猛发展，国际化进程进一步加快。产业的发展 and 转型升级，带动了草产品加工与贮藏技术的革新，同时对产业人才知识技能也提出了新要求。根据上述新形势、新问题，本书编写组召集国内多所高校从事饲草产品加工与贮藏领域的教师，编写了更加适用于新时期产业人才培养的教材。

本书秉承传承和革新并举的原则，在全书的总体构思上基本上传承了第二版的精髓，但是在各章节和具体技术内容撰写方面力求革新，将最新的产业技术理论、方法和模式应用到教材中。特别是在干草、青贮饲料、配合饲料、成型饲料调制加工及非饲用草产品加工等章节进行了大篇幅的更新，使教材内容更具新颖性和适用性。全书共分13章，由来自全国14所高校的20位教师共同完成。其中，贾玉山、玉柱任主编，格根图、杨富裕、许庆方任副主编，张秀芬任总审稿人，贾玉山、格根图任总统稿人，由刘庭玉、降晓伟、李宇宇、任志花统稿。

本书中大多数研究成果是30多年来多项科研项目的结晶：国家重点研发计划“干草低损耗高品质规模化生产及产品加工技术与示范”与“内蒙古河套盐碱地抗盐生态治理和优质草饲生态产业技术与集成示范”；“草原英才”草产品加工利用关键技术研发与产业化示范创新人才团队；国家自然科学基金“苜蓿干燥过程中营养物质对环境因子变化响应机制的研究”（编号31572461）与“典型草原牧草刈割后干燥机制与营养物质变化相关性研究”（编号31760710）等。

在本书编写过程中，国家级重点学科——内蒙古农业大学草业科学学科，国家饲草栽培、加工与高效利用农业部重点实验室，草地资源教育部重点实验室，国家“十二五”牧草产业体系干草加工功能实验室，内蒙古自治区草品种育繁工程技术研究中心，内蒙古农业大学“草地资源可持续利用”创新团队为本书中的多项研究内容提供了宝贵的研究资料和资金支持。

全书20名编者历时3年完成了本书的框架设计、任务分工、撰稿、统稿与校稿等多项工作。时间上虽略有拖沓之感，但是实际上更体现了编者精益求精和严肃、认真、负责的科学精神。在定稿过程中，对部分章节内容进行了多次大的返工和修订，力求将最好的研究成果呈献给读者。尽管如此，由于编者科学研究水平和文字编写水平有限，对有些问题的研究和阐述仍有浅尝辄止之感。希望广大读者对本书中的疏漏和不足之处提出批评和修改意见，以便我们今后修正、勘误。

编 者

2017年12月于呼和浩特

# 目 录

## 前言

第一章 绪论	1
第一节 牧草饲料加工与贮藏概述	1
一、牧草饲料加工与贮藏的概念	1
二、牧草饲料加工与贮藏的意义	1
三、牧草饲料加工与贮藏的性质和任务	3
第二节 牧草饲料加工与贮藏的发展	3
第三节 饲草饲料的分类	6
第二章 牧草及饲料作物的收获	10
第一节 牧草及饲料作物适时收获的意义	10
一、适时收获是生产优质饲草饲料的基本前提	10
二、适时收获是提高单位面积草地生产力的有效途径	10
三、适时收获可以显著提高饲草饲料的饲料报酬	11
四、适时刈割是维持草地生产力和维护草地健康的有效途径	11
第二节 饲草原料收获的原则	11
一、以单位面积内可收获的总消化养分含量最高为基本标准	11
二、有利于牧草的再生	12
三、有利于多年生或二年生牧草及饲料作物的安全越冬	12
四、天然草地以草群中优势种的最适刈割方式为准	12
五、根据不同的利用目的确定适时刈割期	12
第三节 常用饲草及饲料作物的适时收获技术	13
一、牧草的收获期	13

二、饲料作物的适时收获	19
第四节 饲草原料机械化收获技术	21
一、牧草收获机械	21
二、饲用玉米收获机械	23
三、块根、块茎类饲料作物收获机械	24
第三章 干草加工与贮藏	26
第一节 概述	26
一、干草调制的意义	26
二、干草的种类	27
三、干草的营养特征	30
四、干草的消化率	32
五、干草调制原理	32
六、影响干草品质的主要因素	32
第二节 干草的调制技术	33
一、干草调制过程中的成分变化	33
二、干燥调制过程中的损失	35
三、干草调制原则	37
四、干草调制工艺流程	37
五、牧草及饲料作物干燥方法	38
第三节 干草贮藏	42
一、干草含水量的测定	42
二、干草贮藏过程中的变化	43
三、散干草的堆藏	44
四、干草捆的贮藏	44
五、半干草的贮藏	45
第四节 干草的利用	46
第五节 干草调制机械与设备	46
一、田间干燥机械	47
二、人工干燥机械与设备	48
三、贮运机械与设备	50
第四章 青贮饲料调制加工	53
第一节 概述	53

一、青贮饲料的概念	53	第四节 秸秆的饲用加工机械与装备	97
二、生产青贮饲料的意义	53	一、秸秆饲料的切碎与揉搓机械	97
第二节 青贮的原理	56	二、秸秆饲料热压加工设备	99
一、青贮原理	56	三、碱化处理工艺与设备	101
二、青贮饲料发酵过程	56	四、秸秆打捆裹包青贮	101
三、青贮过程中营养成分的变化	58	第六章 木本饲料加工贮藏	102
四、青贮饲料的微生物及其作用	60	第一节 概述	102
第三节 青贮原料	63	一、我国木本饲料资源	102
一、冷季型牧草	64	二、木本饲用植物资源的分类	103
二、暖季型牧草	65	三、木本饲料的饲用加工分类	104
三、饲料作物	66	四、木本饲料的综合开发利用研究现状	105
第四节 青贮容器	67	五、木本饲料发展战略	105
一、青贮容器的类型	67	第二节 乔木资源的饲用加工	106
二、青贮容器的要求	69	一、乔木树叶的饲用价值	106
三、青贮容器的容量及容量估测	69	二、乔木树叶的采收	107
第五节 青贮饲料的加工工艺	69	三、针叶乔木的加工利用	108
一、高水分青贮	69	四、阔叶乔木的加工利用	109
二、普通青贮	70	第三节 灌木资源的饲用加工	111
三、半干青贮	71	一、几种重要灌木饲用植物及其特点	111
四、混合青贮	71	二、灌木的饲用价值	112
五、添加剂青贮	71	三、灌木饲料的加工利用	114
第六节 青贮饲料的利用	74	第四节 木材副产品的加工利用	115
一、青贮饲料的营养价值	74	一、生物法	115
二、青贮饲料的有氧稳定性	75	二、物理法	116
三、青贮饲料的利用	76	三、化学法	116
第七节 青贮机械与设备	77	第五节 木本饲料的饲喂方法	117
一、青贮饲料切碎机械	77	一、鲜树叶饲喂法	117
二、拉伸膜裹包青贮机械	78	二、干树叶饲喂法	117
三、袋式灌装青贮机械	78	三、锯末饲喂法	118
第五章 秸秆饲料加工贮藏	80	第七章 工业副产品饲料加工贮藏	119
第一节 概述	80	第一节 粮食加工副产品	119
一、秸秆资源在农业生产中的地位	80	一、小麦麸皮	119
二、秸秆资源开发利用现状	81	二、米糠	121
三、限制秸秆资源利用的因素	82	三、玉米加工副产品	123
第二节 秸秆饲料加工的原理	84	第二节 榨油工业副产品	124
一、影响秸秆营养组成的因素	84	一、概述	124
二、加工对秸秆饲料的作用	85	二、各类饼粕的加工利用	126
第三节 秸秆饲料的加工技术	86	三、贮藏	134
一、秸秆的物理加工方法	87	第三节 制糖工业副产品	134
二、秸秆的化学加工方法	89	一、甘蔗渣	134
三、秸秆的生物学加工方法	93		

二、甜菜渣·····	136	一、全混合日粮设计原则·····	176
三、糖蜜·····	137	二、全混合日粮设计依据·····	177
第四节 酿造工业副产品·····	137	三、全混合日粮设计方法·····	179
一、啤酒糟·····	137	四、饲草等粗饲料在全混合日粮中的应用·····	183
二、白酒糟·····	138	第四节 全混合日粮加工·····	184
三、酱油糟·····	139	一、原料预处理·····	184
四、醋糟·····	140	二、原料添加·····	186
第五节 其他工业副产品·····	140	三、搅拌·····	186
一、薯渣·····	140	第五节 全混合日粮加工机械与设备·····	187
二、番茄渣·····	142	一、计量系统·····	187
三、豆渣·····	142	二、搅拌车·····	188
第八章 低毒牧草饲料的脱毒加工与贮藏·····	144	第十章 饲草饲料成型加工·····	192
第一节 概述·····	144	第一节 饲草饲料成型加工的重要性及意义·····	192
一、低毒牧草资源状况·····	144	一、成型饲草饲料的定义·····	192
二、去毒加工的重要性·····	144	二、成型饲草饲料的特点·····	192
三、家畜采食饲料中毒原因·····	144	三、成型饲草饲料的种类·····	193
四、有毒有害杂草的检验方法·····	146	四、成型饲草饲料的原料·····	196
第二节 饲草饲料中有毒有害成分·····	148	五、饲草饲料成型加工的生产现状与前景·····	197
一、牧草中主要有毒有害因子·····	148	第二节 牧草饲料成型加工工艺·····	198
二、饲料中主要有毒有害因子·····	150	一、颗粒饲料的加工·····	198
第三节 低毒牧草的去毒加工·····	154	二、干草块(饼)的加工·····	202
一、低毒牧草去毒加工·····	154	三、饲料舔砖的加工·····	204
二、低毒青绿牧草去毒加工·····	159	四、膨化饲料的生产·····	207
第四节 低毒饲料的去毒加工·····	161	第三节 饲草饲料成型加工的机械及设备·····	209
一、油菜籽饼粕·····	161	一、粉碎机·····	209
二、棉籽饼·····	162	二、压粒机·····	211
三、蓖麻籽饼·····	163	三、压块设备·····	211
四、黄曲霉毒素污染的饲料·····	163	四、田间烘干压块成套设备·····	213
第九章 全混合日粮调制加工·····	165	五、膨化设备·····	214
第一节 概述·····	165	六、舔砖生产设备·····	215
一、全混合日粮的概念·····	165	第四节 成型饲草饲料的贮藏·····	215
二、全混合日粮的优点·····	165	一、安全贮藏的水分·····	215
第二节 配合饲料、浓缩饲料、预混料·····	169	二、安全贮藏的方法·····	215
一、配合饲料·····	169	三、贮藏期间的管理·····	216
二、预混料·····	170	第五节 成型饲草饲料的品质检测与利用·····	216
三、浓缩饲料·····	174	一、成型饲草饲料的品质检测·····	216
第三节 全混合日粮设计·····	176	二、成型饲草饲料的利用·····	217

第十一章 草产品深加工利用	220	四、生产生物质能源产品	265
第一节 概述	220	五、生产人造棉	265
一、目前国内外的草产品深加工种类及其在日常生活中的作用	220	六、提取酶制剂	266
二、草产品加工的技术、水平、种类	221	七、提取染料	266
第二节 叶蛋白的提取与加工	222	八、制造糠醛	266
一、叶蛋白概述	222	九、制取植酸钙	266
二、叶蛋白加工工艺	224	十、提取甜菜碱	267
第三节 膳食纤维的加工	226	十一、提取栲胶	267
一、概述	226	第五节 医药用品加工	268
二、膳食纤维的营养功能	227	一、天然草原药用植物	268
三、分离制备	228	二、有毒有害草	269
四、漂白	229	三、基因工程药物	270
五、改性	229	第十三章 草产品市场营销	271
六、膳食纤维的测定	230	第一节 草产品市场分析	271
七、膳食纤维在食品中的应用	230	一、国内草产品市场分析	271
八、牧草膳食纤维发展趋势	231	二、国际草产品市场分析	271
第四节 其他深加工产品	232	三、制约草产品市场发展的因素	272
一、食品添加剂的生产利用	232	第二节 草产品的规模化经营	273
二、医药原料的生产利用	235	一、草产品规模化经营具备的条件	273
三、工业原料的生产利用	236	二、草产品规模化经营的路径和保障措施	274
四、农药原料的生产利用	240	第三节 草产品产业化生产	274
第十二章 非饲用草产品加工利用	244	一、草产品产业化生产的核心环节	274
第一节 概述	244	二、推进草产品产业化生产的配套措施	276
一、非饲用草产品的种类	244	第四节 草产品生产经营合作组织的建设	277
二、发展概况与前景	246	一、国内外经验借鉴	277
第二节 食用加工	247	二、草产品生产经营合作经济组织内部运行机制设计原则	278
一、牧草用作食用的营养价值	247	三、草产品生产经营合作组织内部运行机制设计	278
二、天然草原食用植物	249	四、完善草产品生产经营合作经济组织的措施	281
三、人工食用草产品	250	第五节 草产品市场营销	282
第三节 工艺品的加工	259	一、草产品价格的确定	282
一、草编工艺品的历史	259	二、草产品促销	283
二、草编原料	259	三、草产品市场关键客户的营销	284
三、草编工艺品分类	259	四、业绩管理	287
四、草编工艺	260	参考文献	288
第四节 工业用原料加工	260		
一、食品工业添加物及原料	260		
二、造纸工业原料	263		
三、化妆品工业原料	264		

# 第一章 绪 论

**【内容提要】** 牧草饲料加工与贮藏发展概况；牧草饲料分类方法。

**【教学目标】** 掌握牧草饲料加工与贮藏的概念；了解牧草饲料加工与贮藏的发展趋势；掌握牧草饲料的分类方法。

## 第一节 牧草饲料加工与贮藏概述

### 一、牧草饲料加工与贮藏的概念

牧草饲料加工与贮藏是保障畜牧业健康、快速发展，满足畜产品需求的重要环节，通过牧草饲料的加工与贮藏提高牧草饲料的质量和利用率，调节牧草饲料年度间和季节性供给不平衡问题，均衡供应优质的牧草饲料。牧草饲料加工与贮藏是指以牧草饲料为原料，生产符合一定质量标准、适合流通的草产品的收获、加工、贮藏、检测等技术环节。作为牧草饲料加工与贮藏产业链的最终产品，草产品具有狭义和广义两个层面的含义。其中，狭义的草产品是指用于饲喂畜禽的饲草类产品，包括来源于天然草地和人工草地的牧草、饲料基地的饲料作物及农副产物加工调制而成的产品，主要用于饲喂草食家畜；广义的草产品是指所有以草为原料生产的产品，包括饲用草产品、食用草产品、药用草产品、工业用草产品、绿化草产品及工艺型草产品。

牧草饲料加工的专业化生产，大大提高了食草家畜养殖业和牧草种植业的效益，使牧草饲料产品始终保持着最高的营养价值，并能够实现全年均衡供应，利用牧草饲料产品配制的均衡日粮能够提高食草家畜的生产能力，增加畜牧业的生产效益。

### 二、牧草饲料加工与贮藏的意义

#### （一）是草产业及草业健康持续发展的重要环节

牧草饲料通过加工形成的各种产品，具有一定的形态、形状或规格，适合作为商品进入流通领域。从发达国家牧草产业化发展的历程来看，在实现牧草饲料商品化的过程中，牧草饲料加工是整个产业链条的中心环节，是牧草饲料从分散生产走向社会化生产、从农产品转为商品的重要步骤。牧草饲料加工可以实现牧草的专业化、规模化、社会化生产，符合产业化对生产过程的组织经营要求，从而形成草产品加工业这一独立产业。

牧草饲料加工是前连草种、饲草种植业，后接家畜养殖业的中间产业，它与前期和后期活动连接紧密，不仅提升了牧草种植业和家畜养殖业的效益，还能够实现草产品全年均衡供应，且能合理优化和解决冬春季饲草不足和地域性不平衡的问题，提高畜牧业的经济效益，促进畜牧业的可持续发展，在草产业的发展过程中发挥着重要作用。

## （二）适应国内外草产品的市场需求

牧草饲料产品在国际、国内具有非常广阔的市场，形成了草产业。东南亚国家及日本、韩国和中国是牧草产品巨大的消费市场，牧草饲料产品进口量逐年增加。目前，我国牧草产业“两区一带”格局已经形成，然而实际生产能力依旧无法满足当前市场需求，牧草产品仍需大量进口。美国、加拿大和澳大利亚是主要牧草产品出口国，消费市场主要集中在东南亚国家、日本、韩国和中国。但是，从产地到消费地，受地理因素和环境条件制约较多。因此，只要我们发展牧草加工技术，提升牧草产品的质量和产量，进而提高牧草产品的竞争力，就可以利用地域优势占领部分市场。

目前草产品需求量不断增加，其中，苜蓿干草和天然干草需求量持续增长，供需旺盛，与此同时，青贮饲料需求量更大，成为支持畜牧业健康发展的物质基础。奶牛业的迅速发展需要合格的饲草产品作为基础，但目前国内市场这些产品严重紧缺，从而使奶业发展滞后。禁牧、休牧期也需要大量的牧草产品贮备来满足牧区的养殖业正常发展，尤其是防灾抗灾基地每年都需要大量的优质耐贮牧草产品。牛、羊肉等畜产品的质量和口味同样与牧草产品的质量分不开。这些都说明我国牧草产品的生产水平与发达国家相比存在很大差距，无论数量还是质量都不能满足我国草地畜牧业发展和生态环境建设对优质牧草产品的需求。牧草加工业的发展不仅要注重数量，还要求有质量作保障，这些都建立在牧草加工技术发展的基础之上。

## （三）有利于优化产业结构，保证国家粮食安全和促进农牧民增收

我国传统农业长期以粮食作物和经济作物构成的二元结构为主，畜牧业处于副业生产地位。随着人们生活水平的提高，以及对食物质量需求的增加，畜牧业在我国农业结构中所占比例越来越大。必须及时调整种植业结构，充分利用农村丰富的草地资源，加大发展牧草加工技术，促进牧草产业化发展，实现牧草加工的增值作用，保障畜牧业发展的物质基础，不断提高农村生产力，促进农业经济结构的战略性调整，加强农区“粮-经-饲”三元种植业结构和节粮型畜牧业的发展，发展草食动物饲养业，大力发展包括草业经济在内的农业经济，推进农业现代化，降低农牧民的种植成本，真正实现农牧民收入较快增长，使农村经济在新农村建设中得到较快发展。

## （四）发展牧草饲料加工技术是缓解粮食紧缺问题的重要措施

我国是人口大国，也是粮食消费大国。据统计，2030年左右我国人口将达到16亿，国内粮食生产总量最高达 $6.92 \times 10^8$ t，但人口对粮食总需求量将达到 $67.46 \times 10^8$ t左右。与人口和粮食需求增长相比，近年来我国耕地面积逐年减少，进口粮食持续增加，粮食安全问题再一次摆在国人面前。近年来，粮食产量不断增加，但主要是饲料粮食，食用粮食并没有增加（表1-1）。而有效的办法就是重视食草型、节粮型畜牧业，用饲草解决粮食问题。由于我国自然环境条件的限制，牧草存在年度间和季节性供给不平衡问题，畜牧业生产仍要靠收贮牧草，实行舍饲与季节性放牧相结合的生产方式。牧草饲料经过加工形成产品更有利于贮藏和运输，从而使季节间、地区间饲草得以均衡供应，为舍饲、半舍饲提供充足饲草，提高牧草的利用率，从而减少对饲用粮食的需求量，保证节粮型畜牧业的稳定发展。

表 1-1 2005~2010 年我国主要粮食产量和饲料粮食需求情况

年份	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
粮食总产量 / 万 t	48 402	49 746	50 150	52 850	53 082	54 641
饲料粮食需求量 / 万 t	23 493	23 578	24 173	24 925	26 267	27 230
占谷物总需求量的比例 / %	62	62	62	62	63	64
玉米饲用需求量 / 万 t	10 100	10 400	10 600	10 800	11 800	12 400
占玉米总需求量的比例 / %	74	72	71	71	72	70

资料来源:《中国农业发展报告 2011》

### 三、牧草饲料加工与贮藏的性质和任务

牧草饲料加工与贮藏学是以保持和提高牧草饲料的营养价值、减少加工贮藏过程中的营养损失为基本理论,重点研究牧草饲料及其他饲料加工技术的科学。就科学性而言,牧草饲料加工与贮藏学是草地培育学、饲料作物栽培学的继续;就其应用而言,牧草饲料加工与贮藏学服务于畜牧业,是草业和畜牧业不可缺少的重要环节,是高等农业院校草学、动物科学专业的一门专业课。

牧草饲料加工与贮藏是运用动物营养学原理和草产品加工原理、采用现代生物技术和机械装备,结合高新技术对产品进行科学检测,揭示牧草饲料在加工贮藏过程中营养物质变化的规律和影响因素,研发能有效保持和提高饲料品质的加工工艺和生产工艺,为畜牧业生产提供优质的饲料产品,提高牧草饲料的利用率。

随着现代畜牧业的发展,牧草饲料加工与贮藏的重要性日益凸显。通过本课程的学习,学生可初步掌握牧草饲料收获、加工与贮藏方面的基本理论与先进技术,为促进草业和畜牧业的发展贡献力量。

## 第二节 牧草饲料加工与贮藏的发展

欧美国家在牧草收获技术、干草调制技术(干燥、切碎、压扁等)、牧草发酵技术、叶蛋白加工技术、牧草检测技术和牧草贮运技术等领域有了显著进展,研发出多种行之有效的草产品加工和贮运技术,并开发了多种类型的饲草配套加工机械,在牧草收获、加工、包装入库等各个环节都实现了机械化和自动化。发达国家的饲草商品化、规模化生产是由先进的技术和发达的机械化支撑的。我国在草产品加工技术方面,通过引进消化及自行研制取得了一定进展,但总体而言,存在产量低、能耗高、质量标准低等问题。目前使用比较普遍的收获、打捆等机械设备仍主要依赖进口。饲草深加工机械,如叶蛋白加工设备、茎叶分离设备、颗粒饲料加工设备等,国产化工作尚处于起步阶段。

国外的干草产品主要有草捆、草粉、草颗粒和草块等种类。牧草在加工过程中的营养成分损失不超过 8%,产品的营养价值较高。青贮方面,在混合青贮工艺、高水分牧草青贮、生物添加剂青贮及防止二次发酵等研究方面取得显著进展。青贮设备既向大型密闭式的青贮袋和真空式的青贮窖发展,又向作业效率高、流动性强的草捆青贮方向发展,青贮过程与利用也走向机械化和自动化。目前,我国草产品以草捆、草块、草颗粒等初级产品为主,草粉生产尚处于起步阶段。在我国很多地区,如甘肃、新疆、内蒙古、辽宁、黑龙江、陕西等

地,已建立了苜蓿草粉生产厂,并已获得成功,甚至有的产品成为出口商品,但由于生产规模较小、加工手段落后等问题,影响草粉的质量,限制了我国生产苜蓿草粉的进一步发展。深加工产品还处于科研阶段或少量生产阶段,导致产品种类单一,不能满足不同区域特点的成套加工,利用率、附加值和科技含量低,同时缺乏先进生产技术的带动,造成大部分产品质量较低,缺乏竞争力,因此不能达到出口的国际标准。

目前,国外草产品加工业的发展趋势是加强对草产品的深加工。美国、英国、澳大利亚、俄罗斯等国家十分重视从栽培牧草中提取蛋白质、膳食纤维、叶绿素、不饱和脂肪酸、 $\beta$ -胡萝卜素等有效物质的技术研究和产品开发,对苜蓿等进行多层次加工和综合利用,以工业化生产叶蛋白、纤维素等,并以此为基础,用于饲料业、食品业和医药业,取得了较高的经济效益。此外,草产品加工业发达的国家都有完善的草产品质量评定、分级及安全评价技术体系。

我国牧草加工业在迅猛发展取得辉煌成绩的同时,也暴露出了一些问题:我国牧草加工产业仍处于发展阶段,尚不规范,还没有形成规模。我国虽然是仅次于澳大利亚、居世界第二位的草原大国,但草地生产力水平不高,因此要求我们必须依靠先进的牧草加工技术,建立完善的牧草生产、加工和供应体系,来实现资源优化配置,促进牧草资源的有效利用,保证其均衡供应。

总体来看,我国草产品加工还很落后,全国每年草产品产量仅有10万t左右,所生产的大部分豆科牧草,其产品的质量不高,缺乏在国际市场上的竞争力。造成这一现象的原因很多,如草产品生产的关键技术落后、机械化程度低、空间布局不合理等。面对种种制约性问题,今后我国草产品加工的发展应该有以下几个主要的趋向:一是加强基础研究,如草产品营养及利用方式,增长产业链,开发多种产品,并进行深加工等,这也是今后草产品发展的必然趋势。二是在加工机械方面,在现有产品研究的基础上,研究水平和产品开发力度将进一步提高,继续跟踪国际先进水平。今后的研发重点是刈割压扁机具技术、小方捆机关键技术、打结器部件产品、高密度打捆技术与打捆机具设备等。三是进一步完善草产品生产标准,今后草产品加工要按全国统一标准严格执行,只有这样才能不断发展国内市场,并逐步占领国际市场。四是今后我国配合饲料用草和规模化养殖场用草的数量至少在1000万t,而我国75%以上地区的牲畜冬季缺草,地区和季节性不平衡也将进一步推动草产品的发展和流通。

尽管我国牧草饲料加工与贮藏存在种种不足,但确实发展了很多相关的技术和监测体系,现简要介绍如下。

**1. 牧草刈割与田间快速干燥技术** 为了加快豆科牧草的条件干燥技术,研发了茎秆压扁技术,压扁可加快茎秆的干燥速度,使茎秆和叶片的干燥程度趋于同步,可有效地减少叶片损失。为了更进一步加快牧草的水分散失速度,研制了各种有效干燥剂。用化学制剂加速豆科牧草的干燥速度,国外应用较多的有碳酸钾、碳酸钾+长链脂肪酸混合液、长链脂肪酸甲基酯乳化液+碳酸钾等。

**2. 草捆加工技术** 草捆加工是牧草商品化生产的主导技术,草捆加工主要有田间捡拾行走作业和固定作业两种方式。田间捡拾行走作业多用于大面积天然草地及人工草地的干草收获;固定作业常用于分散小块地干草的集中打捆及已收货农作物秸秆和散干草的打捆。草捆的形状主要有方形和圆形两种,每种草捆又有不同大小的规格。在各种形状及规格的草捆中,以小方捆的生产最为广泛。通常牧草含水量在17%~22%时开始打捆,也可在含水

量较高(22%~25%)的条件下捡拾打捆。在安全水分以上条件下打捆时,可采用喷洒装置在草条上喷洒防腐剂,使高水分干草草捆能安全贮藏。将牧草作为商品草来生产时,在第一次捡拾打捆的基础上用高密度打捆机二次加压,使草捆密度进一步增加,不仅节省贮藏空间,还减少运输成本。

**3. 干草粉加工技术** 近年来,牧草粉碎技术发展较快,在传统的饲草粉碎和铡切工艺的基础上,形成了揉碎和揉切新工艺,揉碎工艺在揉搓结构的作用下将牧草揉切成丝状,茎节被完全破坏。而揉切则是综合了铡切和揉碎两种方式的一种切碎工艺,兼有两者的优点,这些工艺的研发不仅提高了牧草粉碎效率,同时大大改善了牧草产品营养成分的利用率。

**4. 牧草成型加工技术** 成型饲料具有空气接触面积小、物料密度大和可生产全价复合料等优点,成型加工技术在美国发展较快,开发了田间草块加工联合机。例如,WBSCS168型移动式草块机,由美国奥润贝尔公司生产,是一种新型移动式、适合小型规模加工的小草块加工设备。除了研制各种类型和型号的成型饲料加工设备之外,国内外还开发了系列制粒、制块技术,以及畜禽专用颗粒配方技术、茎叶分离后茎秆草颗粒技术和叶片草颗粒技术等。

**5. 青贮加工技术** 青贮加工技术真正开始实验研究并取得新的进展是从19世纪后半叶开始的。青贮加工技术历来在畜牧业发达国家中占有重要位置。国外主要青贮加工技术包括抑制牧草有氧不稳定技术、生物青贮添加剂开发技术、豆科牧草青贮技术。此外,通过采用萎蔫、半干和青贮添加剂或更先进的机械加工与贮藏设备等措施,改进青贮技术,改善加工工艺,从而使青贮调制真正成为饲草加工贮存的主要方法。为了抑制青贮过程中不良微生物的生存和繁殖,在实践中常常采用凋萎青贮法和半干青贮法,以调制出品质和适口性更好的苜蓿青贮饲料。由于气候原因,有些地区、有些季节刈割后很难顺利进行苜蓿晾晒工作,难以保证青贮饲料的高发酵品质和稳定性。为此,近年来关于苜蓿青贮添加剂,除传统的各种酸类添加剂外,还不断研制开发出新的乳酸菌制剂和纤维素酶制剂等生物添加剂,显著提高了苜蓿青贮的效果和品质。青贮工艺的改良,提高了青贮作业效率,大大节省了劳动力成本,新开发的灌装式青贮袋青贮工艺、拉伸膜裹包青贮工艺、联合拉伸膜裹包青贮工艺、切碎打捆裹包青贮工艺、高效率裹包青贮工艺等在牧草加工过程中发挥着越来越重要的作用。

**6. 草产品深加工技术** 叶蛋白饲料又称绿色蛋白浓缩物,是以新鲜牧草或青绿植物的茎叶为原料,经压榨后,从其汁液中提取出具有高质量浓缩蛋白质的饲料。以青绿饲草为原料生产叶蛋白饲料有着广阔的发展前景。自20世纪90年代以来,叶蛋白研究的范围从单纯的叶蛋白制品向高档叶蛋白精制品、食品、医药保健产品及精细化工产品等方面发展,呈全方位、多层次综合研究开发的特点。

普通膳食纤维作为无能量填充剂,生理功能有局限。通过高技术处理可以强化膳食纤维在促进人体健康方面的功能。目前,研究人员正在研究开发多种牧草膳食纤维,添加于饮料、面点、糖果、汤料、膨化食品和保健食品中,添加量为3%~30%。此外,具有药用价值的草本植物是中药的主要部分和中医治疗疾病的重要物质基础,是制药等工业的重要原料。中草药是草产品的重要组成部分,是人类社会生存和发展不可缺少的自然资源之一。

油脂植物广泛存在于植物界,就食用而言,植物油脂远远优于动物油脂,许多植物都含有不饱和脂肪酸和甘油酯成分,可预防和治疗心血管疾病;在工业方面,植物油脂是油漆和涂料的主要原料之一。

**7. 牧草产品质量安全监测体系** 由于近年来疯牛病、口蹄疫等传染病的出现,对饲

草饲料的安全和质量监控越来越受到重视。国际上研制出草产品快速检测设备,开展了对收获、加工、贮藏和运输过程中营养成分的全程检验,建立了优质牧草产品生产的标准化体系。

### 第三节 饲草饲料的分类

随着饲草饲料加工装备及加工工艺的发展,饲草饲料的种类越来越多。人们在日常生活中为了便于管理,根据饲草饲料的原料来源、加工技术、饲喂对象及饲料性质等将其进行分类。目前,我国在借鉴国际饲草饲料分类方法的基础上,建立了适合我国资源和生产特点的饲草饲料分类体系,并逐步加以完善和推广。但是,实际生产中除了饲草饲料管理部门推行的标准化饲草饲料分类方法外,还有行业惯用饲草饲料分类法和习惯性饲草饲料分类法。

#### (一) 国际饲草饲料分类法

**1. 国际饲草饲料的具体分类** 目前尚未统一,但应用最广泛的是美国学者哈里斯(L. E. Harris)于1963年提出的分类系统。

(1) 粗饲料(分类编码:1-00-000) 干物质(DM)中粗纤维(CF)含量大于或等于18%,以风干物为饲喂形式的饲料,如干草、干秸秆。

(2) 青绿饲料(分类编码:2-00-000) 天然水分含量在60%以上的新鲜饲草及以放牧形式饲喂的人工栽培牧草和天然牧草。

(3) 青贮饲料(分类编码:3-00-000) 以新鲜的植物性饲料为原料,以青贮方式调制成的饲料。

(4) 能量饲料(分类编码:4-00-000) 干物质中粗纤维(CF)含量小于18%,同时粗蛋白(CP)含量小于20%,如玉米籽实、糠麸类。

(5) 蛋白质补充饲料(分类编码:5-00-000) 干物质中粗纤维(CF)含量小于18%,同时粗蛋白(CP)含量大于或等于20%,如豆饼、胡麻饼、鱼粉。

(6) 矿物质饲料(分类编码:6-00-000) 可供饲用的天然矿物质及化工合成的无机盐,如硫酸亚铁、碘化钾等。

(7) 维生素饲料(分类编码:7-00-000) 由工业合成或提纯的维生素制剂,但不包含富含维生素的天然青绿饲料在内。

(8) 饲料添加剂(分类编码:8-00-000) 出于保证或改善饲料品质,防止质量下降,促进动物生长繁殖,保障动物健康的目的,向饲料中加入的少量或微量的物质,但不包括合成氨基酸、矿物质和维生素。

**2. 国际饲草饲料分类的编码模式** 国际饲草饲料分类方法采用6位阿拉伯数字编码模式。其中,第一位数字一般用1~8来标识八大类饲料;后5位数字为该种饲料在对应大类饲料中的登记号。该类饲料编码方式的饲料标样容量为8类 $\times$ 99999位=799992种。

例1:苜蓿干草的编码为1-00-092,表示其属于粗饲料,位于饲料标样总号数的第92位。

例2:玉米籽实的编码为4-02-879,表示其属于能量饲料,位于饲料标样总号数的第2879位。

## (二) 国内饲草饲料分类法

**1. 国内饲草饲料的具体分类** 我国饲草饲料分类法由传统分类与国际分类相结合而成, 1987年农业部正式批准, 在国际标准八大类基础上拓展为16个亚类。

(1) 青绿饲料类 (CFN: 2-01-0000) 天然水分含量高于45%的新鲜牧草、野菜、藤蔓、秸秧及未完全成熟的谷物植株。

### (2) 树叶类

CFN: 2-02-0000 刚摘下的树叶, 饲用时水分含量高于45%, 属于青绿饲料。

CFN: 1-02-0000 风干后的乔木、灌木、半灌木树叶。此时,  $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料。

### (3) 青贮饲料类

CFN: 3-03-0000 常规青贮饲料, 水分含量65%~75%。

CFN: 3-03-0000 低水分青贮(半干青贮), 水分含量45%~55%。

CFN: 4-03-0000 欧美盛行的谷物湿贮, 水分含量28%~35%。

(4) 块根、块茎、瓜果类 马铃薯、红薯、胡萝卜、饲用甜菜、落果、瓜皮等。

CFN: 2-04-0000 鲜喂, 水分含量高于45%。

CFN: 4-02-0000 干喂。

### (5) 干草类

CFN: 1-05-0000 DM中 $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料(老茎干)。

CFN: 4-05-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料(优质禾草)。

CFN: 5-05-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料(优质豆科草粉)。

(6) 农副产品类 农作物的藤、蔓、秸、秧、荚、壳等。

CFN: 1-06-0000 DM中 $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料(秕壳)。

CFN: 4-06-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料(禾本科作物)。

CFN: 5-06-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料(豆科作物)。

(7) 谷实类 (CFN: 4-07-0000) DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 如玉米、高粱、稻谷。

### (8) 糠麸类

CFN: 4-08-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 如小麦麸皮、米糠。

CFN: 1-08-0000 DM中 $CF > 18\%$ , 如米糠中掺入稻壳。

### (9) 豆类

CFN: 5-09-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 大多数豆科饲料。

CFN: 4-08-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 如江西爬豆。

### (10) 饼粕类

CFN: 1-10-0000 DM中 $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料(葵花饼及棉籽饼)。

CFN: 4-10-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料(玉米胚饼)。

CFN: 5-10-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料(豆饼)。

### (11) 糟渣类

CFN: 1-11-0000 DM中 $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料(干渣)。

CFN: 4-11-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料(醋糟、酒糟)。

CFN: 5-11-0000 DM中 $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料(豆腐渣)。

## (12) 草籽树实类

CFN: 1-12-0000 DM 中  $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料 (果皮等比重较大的籽实)。

CFN: 4-12-0000 DM 中  $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料 (沙枣、稗草籽)。

CFN: 5-12-0000 DM 中  $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料 (橡树籽)。

## (13) 动物性饲料类

CFN: 1-12-0000 DM 中  $CF \geq 18\%$ , 属于粗饲料 (骨粉、贝壳粉)。

CFN: 4-13-0000 DM 中  $CF < 18\%$ ,  $CP < 20\%$ , 属于能量饲料 (油脂)。

CFN: 5-13-0000 DM 中  $CF < 18\%$ ,  $CP \geq 20\%$ , 属于蛋白质饲料 (鱼粉、血粉)。

(14) 矿物质饲料类 (CFN: 6-14-0000) 石灰石粉、沸石粉, 但不包括骨粉。

(15) 维生素料类 (CFN: 7-15-0000) 维生素 A、维生素 B、维生素 C、维生素 D、维生素 E 等。

(16) 添加剂及其他 (CFN: 8-16-0000) 属于饲料添加剂。

**2. 国内饲草饲料分类的编码模式** 国内饲草饲料分类方法采用 7 位阿拉伯数字编码模式。其中, 第一位数字一般用 1~8 来标识八大类饲料; 第二、第三位数对应的是 1~16 个亚类编码; 后 4 位数字为该种饲料在对应大类和对应亚类饲料中的登记号。该类饲料编码方式的饲料标样容量为  $8 \text{类} \times 16 \text{亚类} \times 9999 \text{位} = 1279872 \text{种}$ 。我国的饲草饲料分类编码模式不仅在饲料标识样本容量大于国际分类标识编码, 还增加了第二、第三层次编码, 在划分上更加清楚。另外, 用户可以根据分类原则判断饲料性质, 还可根据亚类检索出饲料资源的出处。

## (三) 行业惯用饲草饲料分类法

该类方法主要是畜牧业和饲草生产行业从业人员对饲草饲料进行管理与利用的分类方法。主要是根据饲草饲料的加工方法对其进行分类。

**1. 干草** 干草是特指牧草或饲料作物在质量兼优时期刈割, 并经过一定的干燥方法制成的粗饲料, 制备良好的干草仍保持青绿色, 故也称为青干草。

**2. 青贮饲料** 青贮饲料是指在青贮容器中厌氧条件下经过发酵处理的饲料产品。新鲜的、萎蔫的或者半干的青绿饲料 (牧草、饲料作物、多汁饲料及其他新鲜饲料), 在密闭条件下利用青贮原料表面附着的乳酸菌的发酵作用, 或者在外来添加剂的作用下促进或抑制微生物发酵, 使青贮原料的 pH 下降而保存的饲料称为青贮饲料, 这一过程称为青贮。

**3. 草粉** 草粉是以饲草为主要原料, 经人工快速高温干燥、粉碎等工艺生产而成的草产品。草粉主要作为畜禽的维生素、蛋白质和钙磷补充料, 是畜禽配合饲料中的重要原料。

**4. 成型草产品** 成型草产品是指将干草粉、草段、秸秆、秕壳等原料或粉状的配合饲料、混合饲料加工成颗粒状、块状、饼状及片状等固型化的饲草饲料。

**5. 饲草型全混合日粮** 饲草型全混合日粮是指以饲草为原料, 将精料、矿物质、维生素和其他添加剂用特制的搅拌机进行科学的混合, 供畜禽自由采食, 能提供足够营养以满足畜禽需要的日粮。

**6. 植物性添加剂** 植物性添加剂是指以植物为原料, 从中提取特殊物质, 具有促进畜禽生长、增强免疫、改善畜禽产品风味的添加剂。