

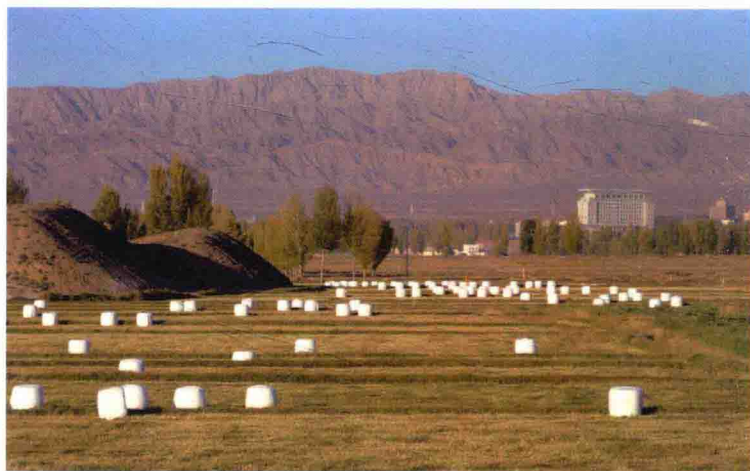


现代生物农业·草业

CULTIVATION AND PROCESSING OF *AVENA SATIVA*

饲用燕麦及其栽培加工

赵桂琴 主编



科学出版社

饲用燕麦及其栽培加工

赵桂琴 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书系统介绍了饲用燕麦及其栽培和加工利用,内容包括饲用燕麦的起源分布、生产现状、形态特征、生长发育、品种资源、育种概况、栽培技术、种子生产、主要病虫害防治、加工与利用以及当前新形势下饲用燕麦的发展前景与研究趋势,是国内第一本全面而系统介绍饲用燕麦的专著,既考虑了内容的系统性,又突出了各个方面的研究和应用新进展。

本书适合从事种植业、草业和畜牧业的科研人员、生产者、管理者等参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

饲用燕麦及其栽培加工 / 赵桂琴主编. —北京: 科学出版社, 2016.3
ISBN 978-7-03-047627-2

I. ①饲… II. ①赵… III. ①燕麦草—栽培技术 ②燕麦草—饲料加工
IV. ①S543

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 047388 号

责任编辑: 李秀伟 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 刘新新

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2016 年 3 月第一次印刷 印张: 17 5/8

字数: 350 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《饲用燕麦及其栽培加工》编辑委员会

主 编：赵桂琴

副 主 编：慕 平

编写人员：柴继宽 刘 欢 焦 婷 曾 亮

前 言

饲用燕麦 (*Avena sativa* L.) 又称皮燕麦、铃铛麦, 起源于地中海沿岸, 由野红燕麦 (*Avena sterilis* L.) 演变而来, 分布于世界五大洲 76 个国家, 集中种植于亚洲、欧洲、北美洲的高纬度地区, 南半球的澳大利亚、新西兰和巴西也有大面积栽培, 是粮草兼用的作物。饲用燕麦栽培历史悠久, 在我国已经种植了 2100 多年。第二次世界大战前饲用燕麦在全世界谷物生产中仅次于小麦、玉米、水稻而居第四位, 战后其面积和产量逐步下降。20 世纪 60 年代以来, 随着世界人口快速增长, 对主粮的需求量急剧增加; 同时农业机械化程度提高, 役马等畜力使用减少, 以及近些年来欧美国家的生物能源政策导致玉米、大豆价格上涨等一系列全球社会、政治、经济、资源环境等因素, 燕麦的种植面积与产量进一步下降。但迄今为止, 燕麦仍是仅次于小麦、玉米、水稻、马铃薯、大麦以及高粱的世界第七大栽培作物。近年来, 世界燕麦年播种面积平均为 1148.5 万 hm^2 , 其中欧洲与北美的年播种面积分别为 714.4 万 hm^2 和 200 万 hm^2 , 占世界燕麦播种面积的 62.2% 与 17.4%。

我国饲用燕麦主要分布在西北、西南和华北等地。近年来随着国家生态治理、草原保护等方面的政策以及畜牧业的迅速发展, 饲用燕麦迎来了前所未有的发展机遇。在广袤的青藏高原及其周边地区, 燕麦已成为建植一年生人工草地的首选草种, 青干草产量 7500~15 000 kg/hm^2 , 种子产量 3000~5000 kg/hm^2 , 为家畜提供高产优质饲草料, 减轻天然草原的放牧压力, 促进草原植被恢复。奶牛养殖业对粗饲料的需求进一步促进了饲用燕麦的发展, 目前国内大中型奶牛场正在用饲用燕麦代替羊草作为奶牛的粗饲料, 导致燕麦青干草供不应求。我国从澳大利亚进口的燕麦干草数量连年翻番, 2014 年进口燕麦干草 12.1 万 t, 比 2013 年增加 182.7%, 比 2012 年增加 591.4%。2015 年上半年进口燕麦干草总计 7.44 万 t, 同比增加 63.64%, 预计全年燕麦干草进口将突破 15 万 t。进口燕麦青干草价格 350~370 美元/t, 接近苜蓿干草。旺盛的需求和高昂的价格刺激了国内燕麦草产业的进一步发展, 目前包括秋实草业有限公司、现代牧业(集团)有限公司在内的大型草业和畜牧养殖企业以及西北地区的中小型草业公司都在大力发展燕麦饲草产业, 燕麦干草生产盛况空前。甘肃民祥牧草有限公司等企业还生产饲用燕麦青贮, 为光明乳业、希望集团等大型企业提供优质青贮料, 经济效益显著。

尽管饲用燕麦产业发展迅速, 但是对它的研究远远滞后于生产, 目前产业发

展中存在的许多问题尚未得到有效解决,在品种选择、栽培技术、加工利用等关键环节没有可供借鉴和参考的资料,饲用燕麦生产处于比较混乱的局面。为此,我们从2011年着手编写《饲用燕麦及其栽培加工》一书,制定编写大纲,进行人员分工,开始搜集资料和撰写,经过将近4年的反复修改和校订,于2015年7月定稿。全书分八章:第一章概论,由赵桂琴编写;第二章饲用燕麦的形态特征及生长发育,由赵桂琴、刘欢编写;第三章饲用燕麦品种资源及育种,由赵桂琴、慕平编写;第四章饲用燕麦栽培技术,由慕平、柴继宽编写;第五章饲用燕麦种子生产,由慕平编写;第六章主要病虫草害防治,由曾亮、赵桂琴编写;第七章饲用燕麦的加工利用,由赵桂琴和焦婷编写;第八章我国饲用燕麦的发展趋势与展望,由赵桂琴编写。本书在编写的过程中得到了国家燕麦荞麦产业技术体系首席科学家任长忠研究员、甘肃农业大学曹致中教授和陈宝书教授、甘肃省草原技术推广总站韩天虎研究员的大力支持和指导,研究生罗志娜、孟丽娟在后期校对中付出了辛勤劳动,在此表示衷心感谢!

本书的编写和出版得到了国家燕麦荞麦产业技术体系、农业部牧草种质资源保存利用等项目的资助。

鉴于编者水平有限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2015年9月

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 饲用燕麦的起源与分布	1
第二节 饲用燕麦的国内外生产现状	1
第三节 饲用燕麦在农牧业生产中的应用	4
一、在农业生产中的应用	4
二、在畜牧业生产中的应用	5
三、在食品及食品加工业中的应用	8
四、在环境保护方面的应用	9
第二章 饲用燕麦的形态特征及生长发育	11
第一节 形态特征	11
一、根	11
二、茎	12
三、叶	13
四、穗	14
五、花	15
六、果实	16
七、籽粒	16
第二节 生长发育	20
一、发芽出苗	20
二、分蘖扎根	20
三、拔节抽穗	21
四、开花成熟	22
五、燕麦的穗分化过程	22
六、燕麦物候期调查记载标准	25
第三节 燕麦生长发育对环境条件的要求	26
一、温度	26
二、光照	28

三、水分	30
四、土壤肥料	32
第三章 饲用燕麦品种资源及育种	36
第一节 燕麦属主要栽培种	36
一、燕麦属概述	36
二、主要栽培种	37
第二节 燕麦种质资源收集保存与研究利用	37
一、世界燕麦种质资源收集保存与研究	37
二、我国燕麦种质资源收集保存与研究利用	40
第三节 国内外燕麦育种概况	63
一、育种目标	63
二、育种方法	64
第四节 我国主要饲用燕麦品种简介	71
一、丹麦 444	71
二、青引 1 号	71
三、青引 2 号	72
四、甜燕麦	72
五、陇燕 1 号	73
六、陇燕 2 号	73
七、陇燕 3 号	74
八、林纳	74
九、白燕 7 号	75
十、坝燕 1 号	75
十一、坝燕 2 号	76
十二、锋利燕麦	76
十三、阿坝燕麦	77
十四、早熟 1 号	77
第四章 饲用燕麦栽培技术	78
第一节 土壤耕作	78
一、深耕	78
二、整地	79
第二节 播前准备	79
一、品种选择	79
二、种子处理	80

第三节 播种	81
一、播种时期	81
二、播种方法	81
三、播种技术	82
第四节 田间管理	91
一、防除田间杂草	91
二、施肥	92
三、灌水	97
四、病虫害防治	98
五、收获	100
第五章 饲用燕麦种子生产	101
第一节 饲用燕麦种子生产现状及存在的问题	101
一、饲用燕麦种子生产现状	101
二、燕麦种子生产中存在的问题	101
第二节 燕麦种子生产	102
一、原种生产	102
二、良种生产	109
三、加快燕麦种子产业化的措施	129
附：燕麦种子检验标准	131
1 范围	131
2 规范性引用文件	132
3 术语和定义	132
4 质量要求	132
5 检验方法	133
6 检验规则	133
第六章 主要病虫草害防治	134
第一节 燕麦病害及其防治	134
一、真菌性病害	134
二、细菌性病害	147
三、病毒性病害	148
四、其他病原所致病害	151
五、贮藏期主要病害	159
第二节 燕麦害虫及其防治	162
一、地上害虫及其防治	162

二、地下害虫及其防治	167
三、贮藏期害虫及其防治	173
第三节 燕麦田杂草及其防除	176
一、燕麦田杂草的发生及危害	176
二、燕麦田主要杂草的生物学特性及发生规律	178
三、燕麦田杂草的防除技术	183
四、2,4-D 丁酯在燕麦上的应用	199
第七章 饲用燕麦的加工利用	203
第一节 饲用燕麦籽实的加工利用	203
一、饲用燕麦籽实的营养价值	203
二、饲用燕麦籽实的加工	204
三、饲用燕麦籽实的贮藏	206
四、饲用燕麦籽实的利用	210
第二节 燕麦饲草的加工利用	213
一、燕麦青草	214
二、燕麦青干草	215
三、燕麦草粉和草颗粒	234
四、燕麦青贮	235
第八章 我国饲用燕麦的发展趋势与展望	257
第一节 我国饲用燕麦的发展潜力与前景	257
第二节 我国饲用燕麦的研究趋势与展望	260
一、品种选育	260
二、栽培技术	261
三、产品加工	262
参考文献	263

第一章 概 论

第一节 饲用燕麦的起源与分布

饲用燕麦又称为皮燕麦、普通燕麦 (*Avena sativa* L.), 与裸燕麦 (*Avena nuda* L.) 同属禾本科早熟禾亚科燕麦属植物。饲用燕麦起源于地中海红燕麦及其祖先野红燕麦 (陈宝书, 2001)。文字记载证实, 燕麦作为一种农作物在我国种植, 至少有 2100 多年的历史, 略早于世界其他国家。在瓦维洛夫所著的《世界主要栽培作物八大起源中心》中所列: 普通栽培燕麦 (*A. sativa* L.) 与地中海燕麦 (*A. byzantina* C. Koch) 皆起源于前亚, 即高加索、伊朗山地、土库曼与小亚细亚。

燕麦属植物中, 染色体易位是属内分化的基础, 基因组内同源染色体的易位在六倍体栽培燕麦种内频繁发生, 导致大多数的染色体之间只是部分区段同源。同时, 基于限制性片段长度多态性 (restriction fragment length polymorphism, RFLP) 的连锁图谱也表明, 六倍体燕麦的 42 条染色体形成了 38 个连锁群, 而不是人们所预期的 21 个。在六倍体燕麦中, 野红燕麦被认为是所有栽培和野生燕麦的祖先。通过世界权威学者对几十个国家的考察, 搜索大量材料经比较与鉴定后得出, 燕麦有四大世界起源中心: 第一是中国的西部; 第二是地中海北岸; 第三是前亚伊朗高原一带; 第四是东非的埃塞俄比亚高原, 但这些至今都没有获得可靠证实。

饲用燕麦广泛分布于欧洲、亚洲等温带地区, 主要见于俄罗斯、美国、加拿大、德国、澳大利亚、中国、芬兰和爱尔兰等国。在我国主要分布于华北、西北、东北和青藏高原等地。

第二节 饲用燕麦的国内外生产现状

自 20 世纪 60 年代以来, 随着世界人口激增, 对主粮需求量急剧增加, 农业机械化程度提高、畜力使用减少, 以及近年来欧美国家的生物能源政策导致玉米、大豆价格大幅度上涨等一系列的社会、政治、经济、资源环境等因素, 导致燕麦的种植面积与产量不断下降 (图 1-1), 但仍仅次于小麦、玉米、水稻、马铃薯、大麦以及高粱, 为世界第七大主要栽培作物。燕麦分布于全世界五大洲 76 个国家, 主要集中种植在亚洲、欧洲、北美洲 40°N 以北的地区, 因此这一地区被称为北半球

燕麦带。2001~2010 年世界燕麦年播种面积平均为 1148.5 万 hm^2 ，其中欧洲与北美的年播种面积分别为 714.4 万 hm^2 与 200 万 hm^2 ，占世界播种面积的 62.2%与 17.4%。澳大利亚、中国、巴西、阿根廷也有较大面积的种植，年均种植面积 94.3 万 hm^2 、25.2 万 hm^2 、24 万 hm^2 、22.9 万 hm^2 ，约占世界年播种面积的 8.2%、2.2%、2.1%、2%（表 1-1）。种子产量分布与播种面积基本一致，2001~2010 年世界燕麦年均产量为 2462.22 万 t，欧洲、北美燕麦年均产量分别为 1579.3 万 t、489.72 万 t，占世界年均总产量的 64.1%、19.9%（表 1-2）。燕麦单产差异较大，2001~2010 年世界燕麦平均单产为 2147.5 kg/hm^2 。平均单产超过 3000 kg/hm^2 的国家有英国、法国、德国、瑞典、芬兰等，其中英国燕麦平均单产可达 5794.3 kg/hm^2 。种植面积列前两位的俄罗斯、澳大利亚单产均处于较低水平（表 1-3）。由此可见，燕麦因其较强的适应能力在全球有着广泛分布，但因气候、种植技术、市场等诸多因素导致各产区产量差异较大。

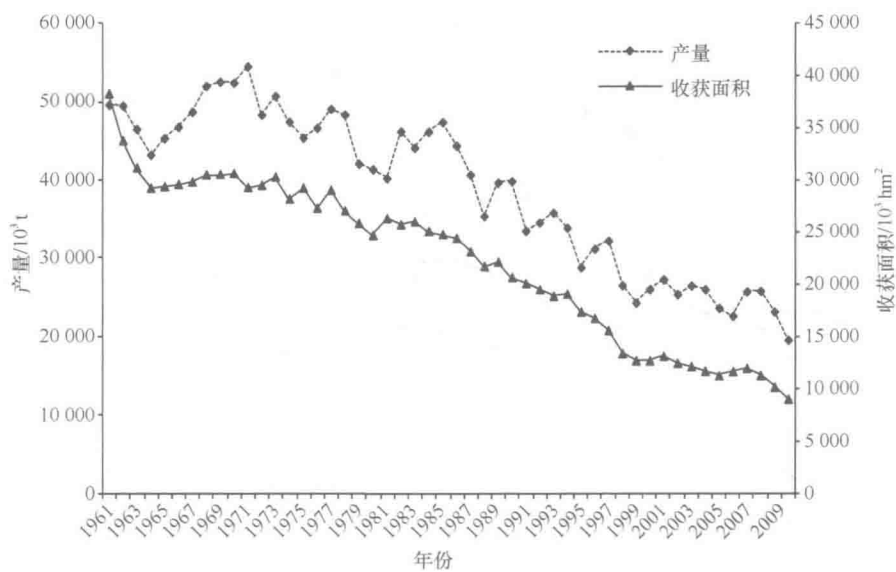


图 1-1 世界历年燕麦种植面积及产量变化趋势（FAOSTAT，2012）

表 1-1 世界各国燕麦播种面积 （单位：万 hm^2 ）

国别	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
世界	1312	1245	1214	1169	1127	1166	1199	1128	1020	905
俄罗斯	452	365	309	329	318	332	331	341	302	223
加拿大	124	138	141	123	127	154	182	145	98	84
澳大利亚	78	91	109	89	93	100	124	87	87	85
美国	77	83	90	72	74	63	61	57	56	51

续表

国别	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
波兰	53	61	53	52	54	54	58	55	53	54
乌克兰	56	50	54	51	45	44	36	45	42	31
芬兰	42	45	42	36	35	35	35	35	32	28
中国	35	28	26	27	22	24	27	23	20	20
阿根廷	36	29	22	29	15	13	22	21	14	28
巴西	26	25	30	35	38	32	14	12	13	15
罗马尼亚	22	23	24	19	21	20	21	20	20	18
瑞典	38	30	28	23	20	20	20	22	19	16
德国	23	23	26	23	21	18	18	18	16	14
法国	12	15	14	13	11	11	11	10	12	10
意大利	14	15	15	15	17	16	15	15	13	11
英国	11	13	12	11	9	12	13	14	13	12

资料来源：FAOSTAT，2012。

表 1-2 世界各国燕麦产量

(单位：万 t)

国别	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年
世界	2733.5	2542.4	2654.2	2605.6	2369.8	2268.1	2578.9	2586.1	2323.5	1960.1
俄罗斯	773	569.4	518.3	495.5	456.5	486	538.4	583.5	540.1	322
加拿大	269.1	291.1	337.7	346.7	328.3	385.2	469.6	427.3	279.8	229.8
澳大利亚	143.4	95.7	201.8	128.3	168.9	74.8	150.2	116	118	137.4
美国	170.7	168.4	209.6	167.9	166.7	135.7	131.3	129.4	135.1	117.8
波兰	130.5	148.7	118.2	143	132.4	103.5	146.2	126.2	141.5	133.4
乌克兰	111.8	92.5	94.1	100.7	79.1	69	54.4	94.4	73.1	45.9
芬兰	128.7	150.8	129.5	100.2	107.3	102.9	122	121.3	111.4	81
中国	79	49.3	65.4	60	70	40	64.3	60	58	60
阿根廷	66.5	48.8	33.2	53.6	22.7	24.3	47.2	29.1	18.2	66
巴西	34.2	29.9	43.5	46	52.2	40.6	23.8	23.9	25.3	36.8
罗马尼亚	38.2	32.7	32.2	44.7	37.7	34.7	25.2	38.2	29.6	30.4
瑞典	95.2	116.7	109	92.5	74.6	62.4	89	82	75	56.3
德国	115.1	101.6	120.2	118.6	96.4	83	72.8	79.3	82.6	60
法国	48.5	75.6	55.5	60.6	50.5	46.4	40.9	47.2	57.3	44.8
意大利	31.1	32.9	30.6	33.8	42.9	39.5	36.1	35.6	31.5	27.9
英国	62.1	75.3	74.9	62.7	53.2	72.8	71.2	78.4	74.4	68.5

资料来源：FAOSTAT，2012。

表 1-3 世界各国燕麦单产 (单位: kg/hm²)

国别	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	平均
英国	5544.6	5976.2	6139.3	5805.6	5846.2	6016.5	5519.4	5803.3	5767.4	5524.2	5794.3
德国	4933.2	4357.1	4587.7	5204.7	4590.8	4517.7	4093.4	4419.2	5077.6	4257.4	4603.9
法国	4122.3	5054	4069.2	4804.6	4549	4336.4	3835.6	4703.7	4904.1	4555.4	4493.4
瑞典	3424.1	3955.9	3893.7	4028.4	3729.2	3174.1	4372.5	3685.4	3997.9	3530.1	3779.1
芬兰	3044.9	3342.5	3049.5	3076.7	3107.4	2909.5	3511.8	3422.8	3461.8	2909.5	3183.6
加拿大	2172.7	2110.9	2386.7	2809	2582.2	2506.6	2586.5	2949.9	2854.1	2730.7	2568.9
中国	2257.1	1792.7	2515.4	2222.2	3181.8	1646.1	2381.5	2608.7	2900	3076.9	2458.2
波兰	2458	2456.4	2243.1	2752.3	2455.7	1919.4	2510.2	2292.7	2694.5	2475.7	2425.8
意大利	2217.6	2178.2	2064.9	2302.9	2455.1	2453.7	2337.5	2424.2	2353.2	2444.8	2323.2
美国	2207.2	2021.7	2332.7	2322.1	2259.8	2144.7	2156.5	2283.6	2421	2305.7	2245.5
欧洲	2144.8	2212.6	2243.2	2323.5	2080.7	2020.8	2241.9	2348.7	2351	2141.5	2210.9
世界	2083.2	2042.2	2186.4	2228.6	2103.1	1945	2151.1	2291.8	2278.4	2164.7	2147.5
乌克兰	1996.2	1850.5	1729.5	1973	1757.1	1560.5	1529.2	2120.3	1757.8	1475.2	1774.9
阿根廷	1833.6	1667.8	1503.7	1840.3	1530.8	1760.3	2106.7	1371.7	1305.8	2320	1724.1
巴西	1329.8	1172.9	1464.5	1323.8	1419.9	1252	1736.3	2037.6	1883.8	2477.7	1609.8
俄罗斯	1709.9	1558.5	1678.7	1508	1435.3	1465	1625.8	1711.4	1788.1	1445.4	1592.6
澳大利亚	1829.1	1050.5	1853.1	1435.2	1815.1	746.3	1213.7	1332.9	1364.2	1616.3	1425.6

资料来源: FAOSTAT, 2012。

第三节 饲用燕麦在农牧业生产中的应用

一、在农业生产中的应用

燕麦由于主茎发达,与箭筈豌豆、豌豆及野豌豆的生长期基本一致,进行早期混播,可充分利用地力,提高单位面积产草量及饲草营养价值。箭筈豌豆、豌豆等豆类作物根系发达,可疏松土壤,增加耕地活土层,利用其根瘤菌的固氮作用以地养地,培肥地力。利用轮歇地混种燕麦和箭筈豌豆可减少和消除当年生杂草。粉碎的燕麦秸秆还可恢复和保持土壤养分,常被用于香菜和黄瓜种植过程中堆肥配制原料。覆田效果也很好,可为农业生产提供大量有机肥,增强农业发展后劲。

燕麦还可用于一年生人工草地种植,澳大利亚牧民利用高产的燕麦地放牧绵羊,育肥效果良好。燕麦的价值还表现在其对作物根腐病的抗性较强,并已广泛应用于生产实践中。

二、在畜牧业生产中的应用

(一) 饲用价值

饲用燕麦是牧区和半农半牧区广泛种植的一年生草料兼用作物，具有适应性强、营养价值高、耐瘠薄和粗放管理等特点。其利用方式多样，籽实可作为精饲料，种子收获后的秸秆也可直接饲喂家畜，还可青贮、利用二茬草放牧或刈割；种子不能成熟的地区可在开花或灌浆至乳熟期刈割，晒制青干草；与豆类混播能提高青草产量和品质，一般与箭筈豌豆混播。

1. 燕麦籽实

燕麦籽实含有大量易消化和高热量的营养物质（表 1-4），燕麦籽粒中蛋白质、脂肪、维生素、矿物质、纤维素五大指标均居小麦、玉米、水稻、大麦、高粱、糜子之首。8 种氨基酸组分平衡，赖氨酸含量比其他作物高 1.5~3.0 倍，并含有其他禾谷类作物不具备的皂苷素。其蛋白质含量是大米的 3~4 倍，小麦的 1~2 倍，脂肪含量是大米、小麦的 7~10 倍，可溶性纤维素是大米、小麦的 10~12 倍，是各类家畜特别是马、牛、羊的良好精料，营养价值超过大麦。用燕麦籽粒喂养牲畜，是增强体质、恢复牲畜膘情的主要措施之一。

表 1-4 饲用燕麦的营养成分

	水分/%	占干物质比例/%					钙/%	磷/%
		粗蛋白	粗脂肪	粗纤维	无氮浸出物	粗灰分		
青干草	10.20	9.01	2.44	31.40	46.69	9.26	0.39	0.34
秸秆	14.70	3.44	1.97	35.15	48.08	10.06	0.19	0.37
青刈	76.25	12.7	2.63	27.49	45.7	7.6	0.36	0.35
籽实	11.00	13.57	6.38	7.35	67.19	3.71	0.33	0.43

2. 青刈燕麦

高品质的青刈燕麦草是家畜提高生产性能的重要保证。燕麦的青刈茎叶较其他麦类作物茎叶更富于营养，嫩而多汁，青饲、青贮或调制干草均适宜，各种家畜均喜食。抗寒品种可供冬末和春季放牧，春播品种可与野豌豆、箭筈豌豆等混播，为夏秋季提供青草。因其适口性好，消化率高而深受欢迎，已成为牧区枯草季节重要的饲草来源及建立人工草地的主要栽培草种之一。

燕麦青刈茎叶蛋白质、脂肪、可消化纤维高于小麦、大麦、黑麦、谷子、玉米，而难以消化的粗纤维较少（表 1-4）。与箭筈豌豆混播可获得优质的青饲料。燕麦刈割

后从分蘖处长出再生草，产草量较低。早期刈割时，其再生草可用来放牧。

3. 燕麦秸秆与稃壳

燕麦秸秆也是十分优良的饲料，其营养价值比燕麦青干草差，但较其他麦类作物秸秆为优（崔海等，2010）。就蛋白质而言，燕麦秸秆中蛋白质含量为 3% 左右，而小麦和黑麦则只有 2% 左右。燕麦稃壳中蛋白质含量为 3.8%，小麦则为 2.3%。长期以来，燕麦秸秆与稃壳一直用于饲喂牛、马。不同作物秸秆的营养成分见表 1-5。

表 1-5 不同作物秸秆中营养成分比较

项目	粗蛋白/%	粗脂肪/%	无氮浸出物/%	粗纤维/%
燕麦秸	3.2	2.2	46.6	34.2
小麦秸	2.2	1.7	40.5	41.2
玉米秸	3.3	1.2	23.2	33.9

（二）在畜牧业生产中的应用

饲用燕麦是中国半农半牧区和高海拔山区等自然条件较差地区的重要饲料来源。动物生产中用燕麦籽实或青草、青干草、青贮等方式进行饲喂。青刈燕麦可鲜喂，但主要用于调制青贮料和干草，也可用于放牧。加拿大利用燕麦地进行放牧，肉牛平均日增重 550g，如利用燕麦-毛苕子混播草地放牧，则平均日增重 815g。

1. 燕麦青干草在反刍动物日粮中的应用

燕麦青干草是指燕麦生长至开花、灌浆或乳熟腊熟期时刈割晒制的干草，有别于收获籽实后的黄干草。普遍认为燕麦灌浆或乳熟期刈割可获得品质和产量俱佳的青干草。桑丹和孙海洲（2010）比较了燕麦青干草、青贮玉米秸秆（黄贮）、谷草的营养价值，分析燕麦青干草中粗蛋白含量远高于青贮玉米秸秆（黄贮）及谷草，同时其活体外干物质消化率、有机物消化率、粗蛋白消化率和纤维的消化率都高于黄贮和谷草。燕麦青干草的挥发性脂肪酸总量也高于青贮玉米秸秆及谷草，而挥发性脂肪酸物质的量比例较低，有利于瘤胃发酵的调控。

Dunkley 和 Smith（1960）将燕麦干草和苜蓿干草分别饲喂奶牛，比较两种干草对牛奶品质的影响，发现饲喂燕麦干草的牛奶抗氧化性要高于饲喂苜蓿干草，而饲喂苜蓿干草的牛奶中多不饱和脂肪酸含量高于饲喂燕麦干草。王亮亮等（2011）比较了以燕麦青干草和东北羊草作为禾本科饲草配合豆科的苜蓿干草对健康荷斯坦泌乳奶牛产奶量和乳成分的影响。结果表明，饲喂燕麦青干草的牛群产奶量比饲喂东北羊草的高，但乳干物质含量、乳脂率和乳蛋白率无显著差异。

将燕麦干草和大麦草分别添加到马的日粮中，发现两种干草各项检测指标均无显著差异（Steinbrecher and Fuchs, 1990）。王文奎等（2001）报道，燕麦-箭筈

豌豆混播后收获的青干草亩^①产量、饲喂绵羊后日增重和经济效益均显著高于单播燕麦。燕麦与箭筈豌豆混播后收获青干草是解决冷季补饲的有效途径。Stevens 等 (2000) 发现将燕麦-野豌豆混播, 刈割燕麦草饲喂奶牛, 在精料饲喂量减少的情况下产奶量每月每头增加了 30 L。雷风 (1999) 在冬季 1 个月时间内对试验组牦牛每天每头补饲燕麦干草 3 kg, 与不补饲组相比平均每头活重增加 12.87%, 胴体重平均增长 14.27%, 达到了高原地区牦牛冬季保膘的效果。在尼泊尔, 将燕麦与野豌豆混播草地刈割后饲喂奶牛, 每头牛每月产奶量增加 30L, 并减少精料饲喂量 30 kg, 增加了经济效益。在内蒙古地区, 将刈割后的燕麦制成干草饲喂奶牛, 平均日产奶量增加 2.13 kg。目前亚洲和澳大利亚相当一部分奶牛场已经开始使用澳大利亚的燕麦干草配合紫花苜蓿, 并作为奶牛干奶期和围产期的主要饲草。燕麦干草钾含量低 (平均低于 2%), 有助于降低奶牛产褥热的发病率。

2. 燕麦青贮在反刍动物日粮中的应用

燕麦青贮广泛应用于牛、羊等反刍动物的日粮配方。Garduno 和 Espinoza- Ortega (2009) 在墨西哥中部高原干旱季节分别用每天每头 6 kg 的燕麦-野豌豆混播青贮和玉米青贮饲喂荷斯坦奶牛 (产奶量、泌乳日龄、胎次相近), 两组间产奶量、乳脂率、乳蛋白率、体况评分和活体重差异均不显著。而经济效益分析显示, 燕麦-野豌豆混播青贮的饲喂成本低于玉米青贮。谢小峰和周玉明 (2013) 在青海选择年龄、胎次、产奶量、泌乳期相近的荷斯坦泌乳奶牛 32 头, 随机分为 2 组, 分别饲喂全株玉米青贮和燕麦青贮, 发现饲喂燕麦青贮的奶牛产奶量比饲喂全株玉米青贮的提高了 0.31 kg/d (差异不显著, $P > 0.05$), 乳脂率、乳糖率、非脂固形物及总固形物含量也有所增加, 每头奶牛每天能够多盈利 1.22 元。Bhandari 和 Li (2008) 报道, 将青贮燕麦和青贮苜蓿切割不同长度饲喂泌乳中期的荷斯坦奶牛, 发现随着燕麦和苜蓿颗粒度分别从 13.4 mm 和 14.2 mm 降低到 10.4 mm 和 10.9 mm, 并没有减少青贮苜蓿的干物质采食量, 而青贮燕麦干物质的采食量从 19.4 kg/d 增加到 21.2 kg/d; 两种青贮饲料不同切割长度对产奶量、瘤胃发酵情况、采食行为、血液代谢等方面指标均没有明显影响。陶延英和陶延胜 (2008) 研究抽穗期燕麦与箭筈豌豆混播在捆裹或自然风干情况下对鲁西黄牛的增重效果, 结果发现, 捆裹青贮与风干草相比, 蛋白质含量提高 67.1%、粗灰分含量提高 96.7%, 粗纤维含量降低 9.58%, 捆裹青贮组饲喂肉牛后平均增重比饲喂风干草组提高 17.77 kg, 经济效益显著增加。王宏博等 (2006) 用 100%燕麦-箭筈豌豆捆裹青贮及 20%或 37%玉米替代相应青贮料进行消化代谢试验, 发现随着玉米添加量的增加, 干物质表观消化率和有机物质消化率有增高的趋势, 组合氮的消化率和存留率也有所提高, 但 3 种处理间差异均不显著。

① 1 亩 $\approx 666.67\text{m}^2$ 。