



燕麦的营养 及其加工利用

Y

周素梅 申瑞玲 主编

ANMAI DE YINGYANG
JIQI JIAGONG LIYONG



化学工业出版社



燕麦的营养 及其加工利用

Y

燕麦的营养及其加工利用

燕麦的营养及其加工利用

燕麦的营养及其加工利用

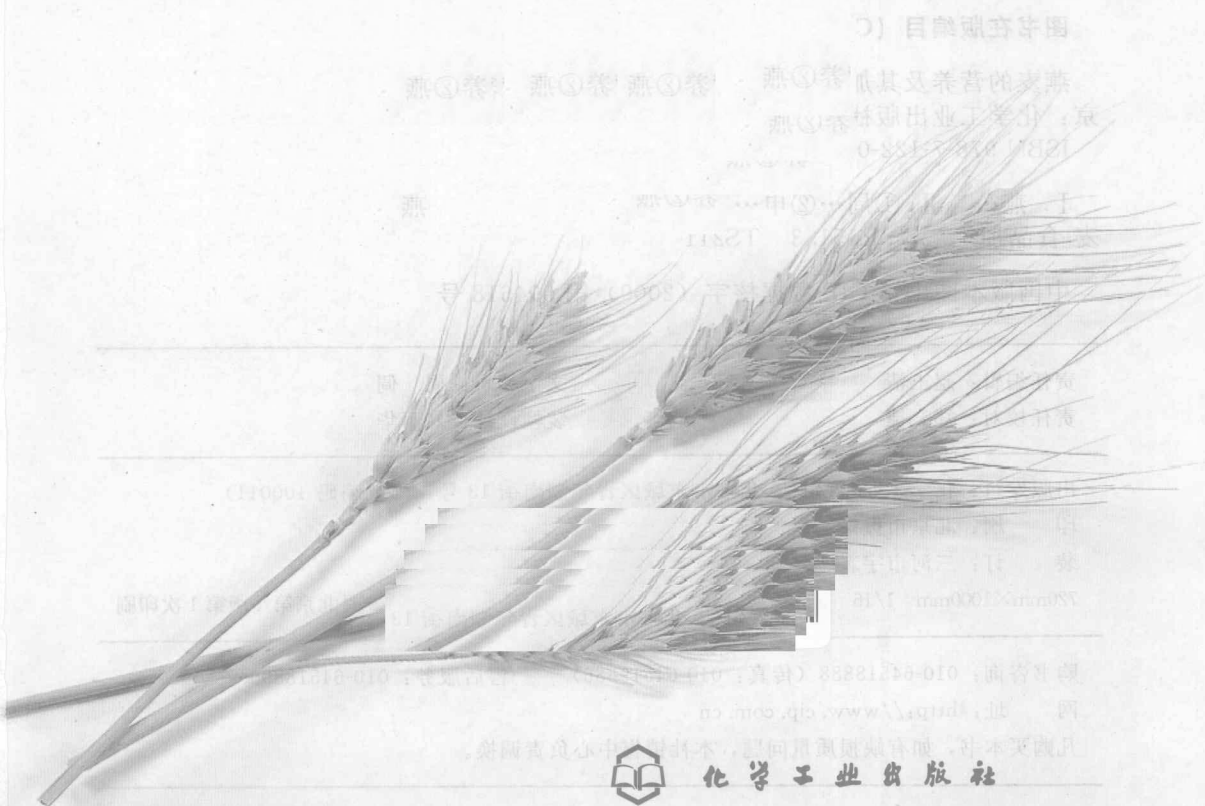


中国农业出版社



燕麦的营养 及其加工利用

周素梅 申瑞玲 主编



化学工业出版社

· 北京 · 元 00.22 ; 付 3 页

本书共八章,包括燕麦的种植和生产意义,品种、形态结构及品质评价,营养成分,保健功能,燕麦食品及其加工工艺,燕麦新产品的开发及未来发展等方面的内容。本书是一本集理论知识与实用技术为一体的燕麦专业书籍。

本书可作为从事燕麦研究与产业开发的科研技术人员的培训教材及参考阅读,关注燕麦的消费者通过阅读此书可认识和了解燕麦的相关知识与技术。

图书在版编目(CIP)数据

燕麦的营养及其加工利用/周素梅,申瑞玲主编. —北京:化学工业出版社,2009.8
ISBN 978-7-122-05922-2

I. 燕… II. ①周…②申… III. ①燕麦-食品营养②燕麦-食品加工 IV. R151.3 TS211

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第094618号

责任编辑:赵玉清
责任校对:郑捷

文字编辑:周 倜
装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市振南印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张10½ 彩插1 字数210千字 2009年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686)

售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:25.00元

版权所有 违者必究

前 言

近年来,随着国内外对燕麦营养与保健功能报道的增多,燕麦这一古老的作物正日渐焕发出新的生机,从过去的饲料作物、杂粮等不起眼角色向健康食品、功能因子提取原料等行业主流角色转变。虽然全球燕麦的总产量较40年前下降了近一半,但作为食用消费的燕麦总量近年来呈现出持续上升的趋势,燕麦“第三主粮”的理念正在逐渐被越来越多的人所接受。我国是世界公认的裸燕麦发源地,具有大量优质裸燕麦品种资源和许多美味的传统燕麦食品,燕麦片、燕麦米等传统西式食品也日渐受到国人的喜爱与推崇。自20世纪80年代以来,我国农业、食品以及医疗领域的科技人员在燕麦品种的选育、栽培管理、加工技术以及医疗保健功能等方面做了大量的研究工作,取得了一批具有高产、抗旱、早熟、高蛋白、高 β 葡聚糖等优良品质特性的燕麦新品种(系),在提高燕麦产量、推广种植区域、改善生态环境等方面做出了巨大贡献。燕麦的用途与加工产品的种类在不断扩大,为燕麦的降血脂、降血糖功效提供了大量科学证据,客观上推动了我国燕麦产业的快速发展。我国从事燕麦生产、加工的队伍不断壮大,消费者对于燕麦的理性选择能力也在增强。然而与产业的快速发展不相适应的是,尽管有关燕麦的研究和科普报道较多,但是目前国内有关燕麦营养与加工方面的著作还很少见。为了让更多从事燕麦研究与产业开发的技术人员、关注燕麦的消费者认识和了解燕麦的相关知识与技术,作为从事燕麦研究多年的科研人员,凭着对燕麦事业的热爱,我们组织编写了这本集理论知识与实用技术为一体的燕麦专业书籍,希望能够满足读者不同层面的需求,为促进我国燕麦产业的发展尽一份微薄之力。

本书涉及燕麦的种植和生产意义,品种、形态结构及品质评价,营养成分,保健功能,燕麦食品及其加工工艺,燕麦新产品的开发及未来发展等方面的内容。全书分为八章,其中第一、二、五、七章由中国农业科学院农产品加工研究所周素梅博士组织编写;第三、四、六、八章由郑州轻工业学院申瑞玲博士组织编写;河南工业大学研究生路长喜、中国农业科学院农产品加工研究所研究生孙伟峰等亦参与了本书部分章节的编写与资料收集工作。

本书的出版得到国家“十一五”科技支撑计划项目——主要杂粮加工品质评价系统及加工适用性研究(2006BAD01)、功能化传统食品研究与产业化示范(2006BAD27B09)以及国家自然科学基金项目课题——谷物 β 葡聚糖凝胶形成过程中结构及其动态变化研究(20776135)的资助,本书内容包含了部分上述课题的研究成果。

本书的出版还得到了中国农业科学院农产品加工研究所副所长王强研究员的大

力支持，在此特示感谢。

本书编写过程中引用和参考了国内外许多同行在燕麦科研与技术领域发表与公开的文献、专利及成果等，在此对他们表示感谢。

受知识与经验所限，书中可能存在不完善或疏漏之处，敬请广大读者包涵，并请提出宝贵意见。

编者

2009年4月于北京

目 录

第一章 燕麦生产概况	1
第一节 燕麦的起源与分类	2
一、燕麦的历史与起源	2
二、燕麦的分类	2
第二节 燕麦的生物学特征	3
一、燕麦的植物学特征	3
二、燕麦的生长发育特性	6
三、燕麦栽培的生态环境特征	7
第三节 燕麦的生产与区划	8
一、燕麦的产区分布	8
二、燕麦的生产	8
三、我国燕麦生产区划	12
第四节 燕麦的品种资源与选育	13
一、燕麦的品种资源	13
二、燕麦的品种选育	13
三、推广燕麦品种简介	14
第五节 燕麦的消费与利用	16
一、燕麦的饲用消费	16
二、燕麦的食用消费	16
三、燕麦的工业利用	17
四、燕麦的贸易流通	18
五、燕麦需求与价格	18
 第二章 燕麦的品质特性与评价	19
第一节 燕麦籽粒的品质特性	19
一、燕麦籽粒的物理品质	19
二、燕麦籽粒的化学品质	20
第二节 燕麦的质量标准	23
一、燕麦的种子标准	23
二、燕麦的粮食标准	23

三、饲用燕麦标准	24
第三章 燕麦的营养与功能成分	25
第一节 燕麦蛋白	26
一、燕麦蛋白的组成	26
二、燕麦蛋白质的功能性质	27
第二节 燕麦脂质	33
一、燕麦脂质的含量与分布	33
二、燕麦脂类物质的组成	35
三、燕麦脂质的理化特性和功能性质	37
第三节 燕麦淀粉	39
一、燕麦淀粉的结构	39
二、燕麦淀粉的性质	40
第四节 燕麦 β -葡聚糖	44
一、谷物 β -葡聚糖的组成	44
二、燕麦 β -葡聚糖的结构特征	46
三、燕麦 β -葡聚糖的基本性质	50
第五节 燕麦中的酚类物质	61
一、燕麦酚的组成	61
二、燕麦中酚类物质的影响因素	66
第四章 燕麦的保健功能	68
第一节 降血脂功能	68
一、作用机理	68
二、研究与应用实例	71
第二节 降血糖功能	74
一、作用机理	74
二、研究与应用实例	78
第三节 免疫增强功能	81
一、作用机理	81
二、研究与应用实例	82
第四节 抗氧化功能	83
一、作用机理	83
二、研究与应用实例	87

第五节 益生功能	91
一、作用机理	91
二、研究与应用实例	94
第五章 燕麦的食用加工	98
第一节 燕麦谷物早餐的加工	98
一、燕麦谷物早餐产品类型	98
二、燕麦片的加工工艺	100
三、燕麦片的选择与食用方法	102
第二节 燕麦米的加工	103
一、燕麦米加工工艺	103
二、燕麦米食用方法	103
第三节 燕麦的制粉加工	104
一、燕麦粉的种类	104
二、燕麦传统制粉工艺	105
三、燕麦现代制粉工艺	106
四、国外燕麦制粉工艺	107
五、燕麦粉质量标准	108
第四节 传统燕麦面制品的加工	108
一、莜面窝窝	108
二、莜面蒸饺	109
三、莜面炒面	110
四、莜面山药(土豆)烙饼	110
五、莜面糊糊	111
六、莜面生下鱼儿	111
第五节 现代燕麦面制品的加工	111
一、燕麦挂面	112
二、燕麦方便面	113
三、燕麦馒头	114
四、燕麦面包	115
五、燕麦饼干	116
第六节 燕麦饮料的加工	117
一、燕麦豆奶	117
二、燕麦麸搅拌型酸奶	118

三、燕麦啤酒	119
第七节 国外其他新型燕麦食品	120
一、燕麦饮品	120
二、燕麦纤维类产品	120
三、燕麦基脂肪替代物	120
第六章 燕麦中功能因子的提取	122
第一节 燕麦 β -葡聚糖的提取	122
一、燕麦 β -葡聚糖分析方法	123
二、燕麦 β -葡聚糖的提取方法	125
三、燕麦 β -葡聚糖提取的技术要点	128
第二节 燕麦蒽酰胺的提取	132
一、燕麦蒽酰胺的提取方法	132
二、燕麦蒽酰胺的结构鉴定	133
第三节 燕麦淀粉的提取	134
一、碱提取法	135
二、水提取法	136
三、酶提取法	136
第四节 燕麦蛋白及燕麦肽的提取	137
一、燕麦蛋白质的提取	137
二、燕麦活性多肽的制备	139
第七章 燕麦的非食品加工	142
第一节 概述	142
第二节 燕麦的工业化加工工艺	143
一、干法加工工艺	143
二、湿法加工工艺	143
三、燕麦油的提取	147
第三节 燕麦非食品加工产品的应用	148
一、化妆品上的应用	149
二、医药上的应用	150
三、功能食品上的应用	150
四、化学品上的应用	151
五、其他用途	151

第八章 燕麦的饲用加工 152

第一节 燕麦的饲用价值..... 152

一、燕麦草的营养..... 152

二、燕麦籽实的营养..... 152

第二节 燕麦饲料的加工..... 153

一、机械加工..... 153

二、发芽、糖化与发酵..... 154

第三节 燕麦 β -葡聚糖的抗营养作用 154

一、燕麦 β -葡聚糖抗营养作用的机理及表现 154

二、 β -葡聚糖酶的作用 155

第四节 燕麦饲料的应用..... 156

参考文献 158

第一章 燕麦生产概况

燕麦 (*Avena* L.), 禾本科 (Gramineae)、燕麦属 (*Avena*) 一年生草本植物, 英文名为 oats, 是古老的饲草、饲料及粮食作物, 在世界谷物生产中位于小麦、玉米、稻谷、大麦及高粱之后居于第六位。燕麦的品种类型一般按其外稃性状分为带稃型和裸粒型两大类。世界主要栽培品种为带稃型的普通燕麦 (*A. sativa* L.), 又称皮燕麦; 而我国则以无外稃的裸燕麦 (*A. nuda* L.) 品种为主。

燕麦属长日照作物, 性喜冷凉、湿润的气候条件, 适宜于在高纬度、潮湿、凉爽的地区种植。俄罗斯、加拿大、北欧、澳大利亚等国是世界燕麦的主产区。我国产量仅居世界第八位, 传统燕麦产区分布在华北、西北、西南区域, 包括内蒙古阴山地区、山西燕北地区、宁夏六盘山区以及吉林的白城地区等。燕麦对土壤环境的适应能力较强, 耐旱、耐瘠薄、耐盐碱, 与其他粮食作物相比, 即使在旱地、沼泽和盐碱地上也能取得较好的收成。实践证明, 燕麦还能够有效改良盐碱地, 在治理土地荒漠化方面有望发挥重要作用。

与小麦、大米、玉米等人们日常生活中常见的粮食作物相比, 燕麦的蛋白质、脂肪、维生素、矿物元素等营养成分的含量均居于首位。燕麦中可溶性膳食纤维 (β -葡聚糖) 的含量也是其他谷物望尘莫及的, 这也正是燕麦被誉为“降脂食品”的重要原因之一。燕麦在预防和治疗由高血脂引发的心脑血管疾病、控制人体血糖值以及减肥等方面的功效已经得到国内外权威机构的认可, 美国食品和药品管理局 (FDA) 于 1997 年发布了有关燕麦的降脂健康声称。

世界燕麦的最主要用途是作为牲畜的饲料、饲草, 占燕麦总产量的 70% 左右, 用于食用、加工的量约占 20%。尽管近半个世纪以来, 全球燕麦的产量下降了近一半, 但近年来燕麦食用消费量呈现出持续上升的趋势。对燕麦健康功能的认识和宣传直接促进了这一消费量的增加, 尤其是以美国为代表的西方国家。

燕麦的营养与保健功能、生态特点及环境效益决定了其在世界范围内, 尤其是我国农业生产中的重要地位。在我国北方高寒山区, 燕麦在农业生产中具有特殊的地位, 而且随着农村经济的发展和农业产业结构的优化、调整, 燕麦的地位还有可能继续加强。随着人们生活水平的提高, 对于燕麦这种具有明确保健功能粮食的消费需求会持续增加。随着畜牧业的发展, 燕麦秸秆和籽粒作为优质饲草和饲料的价值也会被充分利用。随着农产品加工业的发展, 燕麦的食用与非食用加工技术也会不断改进, 产品的升级换代将促进其商品价值的进一步提高。可以预见, 在我国发展燕麦产业将会有非常广阔的前景。

第一节 燕麦的起源与分类

燕麦属 (*Avena*) 的植物包括普通燕麦 (皮燕麦)、裸燕麦 (莜麦)、野生燕麦等品种, 全世界大约有 20 多种。燕麦喜好湿润、凉爽的气候条件, 北欧和加拿大是普通燕麦的适宜生长区, 我国则是公认的裸燕麦发源地与主产区。野燕麦的适应能力强, 分布区域更广, 主要用做牧草。

一、燕麦的历史与起源

燕麦在公元前的历史记载中很少出现, 它对于人类的重要性似乎不如小麦和大麦来得早。在人类学会栽培和利用燕麦之前, 它曾被视为其他谷物中的杂草。不少专家认为人们今天栽培的燕麦是野生红燕麦 (*A. sterilis*) 的变异种, 而且这一变异可能发生在公元前不久的小亚细亚 (Asia Minor) 或欧洲东南地区。

燕麦的历史或起源一直比较模糊, 这与其有太多的种或亚种有关, 给古生物体的鉴别带来了相当大的困难。目前发现的最古老的燕麦籽粒大约来自公元前 2000 年的埃及第 12 王朝, 而且很有可能是杂草而不一定是人为栽培的。据称在瑞士一洞穴中考古发现的燕麦有可能是最古老的栽培燕麦品种, 大致属于青铜器时代。目前世界最大的燕麦种质资源中心在小亚细亚, 在那里大部分的亚种间都找到了联系, 这一地区能够拥有世界最丰富的品种多样性很可能与燕麦独特的植物起源有关。燕麦在欧洲的生长也是非常普遍的, 自古就是许多欧洲国家和地区, 包括苏格兰、大不列颠、德国、斯堪的那维亚地区人们的主食和重要商品粮。直到 17 世纪早期, 苏格兰人才将燕麦传入北美地区 (美国、加拿大)。至今, 世界最大的燕麦商品生产国构成中以俄罗斯、德国、芬兰、波兰等欧洲国家为主, 欧洲的燕麦产量占世界总产量的 50% 以上。

我国是世界公认的大粒裸燕麦 (*A. nuda*) 的起源地, 先流传到欧洲后传至美国。根据我国古代历史文献《尔雅》、《史记》等的记载, 中国燕麦的栽培始于战国时期, 距今至少有 2500 多年的历史。燕麦在我国各地别名很多, 又名雀麦、野麦、莜麦、油麦、玉麦、铃铛麦、乌麦等。燕麦在《尔雅·释草》中名为“薹”, 《史记·司马相如传》中称“簌”, 《唐本草》中谓之“雀麦”。《本草纲目》记载: “燕麦多为野生, 因燕雀所食, 故名”。《唐书·吐蕃传》中记载了青藏高原一带种植有裸燕麦。《救荒本草》和《农政全书》等古籍中也有对燕麦的记述。在我国古书中还可以看到燕麦在被食用之前是被当作有医疗效果的植物为人们所认识的, 这一功用已得到现代科学的佐证。燕麦在我国不仅栽培历史悠久, 且分布地域广泛, 特别是华北北部、长城内外和青藏高原、内蒙古、东北一带栽培较多。前苏联学者 П. М. 茹科夫斯基认为中国与蒙古的接壤地带是裸燕麦的初生基因中心。

二、燕麦的分类

从植物学上分类, 燕麦 (*Avena sativa* L.) 属于真核域 (Eukarya)、植物界

(Plantae)、被子植物门 (Magnoliophyta)、单子叶植物纲 (Liliopsida)、莎草目 (Cyperales)、禾本科 (Gramineae)、燕麦属 (*Avena*)、燕麦种 (*A. sativa*) 植物。

燕麦资源与品种的分类方法有多种, 如按照染色体数、外形以及播种季节等进行分类。按照染色体倍数计, 燕麦被分为三大类 25 个种或亚种。

① 二倍体种 ($2n=2x=14$) 包括长毛燕麦、长颖燕麦、偏肥燕麦、裸粒短燕麦等。

② 四倍体种 ($2n=4x=28$) 包括细燕麦、瓦维洛夫燕麦、摩洛哥燕麦等。二倍体种和四倍体种均为野生燕麦。

③ 六倍体种 ($2n=6x=42$) 包括普通栽培燕麦、野燕麦、裸燕麦、地中海红燕麦、野红燕麦、东方燕麦等。

按照外稃 (hull) 的性状分为带稃型的普通燕麦 (俗称皮燕麦) 和无稃型的裸燕麦 (俗称莠麦) 两大类。带稃型燕麦按小穗有无“蹄口”又分为野生种和栽培种; 裸粒型燕麦则按籽粒大小分为小粒裸燕麦和大粒裸燕麦。世界各国最主要的栽培种是六倍体带稃型的普通燕麦 (*A. sativa* L.), 其次是东方燕麦 (*A. orientalis* Schreb.), 地中海燕麦 (*A. byzantina*)。我国则以大粒裸燕麦 (*A. nuda*) 为主, 占燕麦总种植面积的 90% 以上, 籽粒以食用为主。

从燕麦的用途上进行分类可分为饲草燕麦与食用燕麦。世界燕麦总产量中的大部分被用于牲畜饲料, 包括青饲、青贮或调制干草饲料等的利用形式。食用消费的比例在不同燕麦主产国差别较大, 从不足 5% 至 50% 左右, 世界平均食用消费量在 20% 左右。不过这一比例近年来呈稳步上升趋势。

另通常还根据燕麦的播种季节将其分为春燕麦、冬燕麦, 世界种植品种中以春燕麦居多。春燕麦一般实行春季播种, 夏季收获, 因生长期通常较短 (90 天左右), 又属早熟品种。冬燕麦一般实行 10 月中、下旬播种, 来年 6 月中、下旬收获, 全生长期达到 200 天以上, 属于晚熟品种。此外, 还有介于二者之间的夏播秋收型的秋燕麦品种, 生长期为 95~110 天, 归于中、晚熟品种。一般早熟品种适宜收获籽实, 晚熟品种适于收割青草。有些冬燕麦品种在秋季播种、春季出苗, 可避免虫害、提高产量, 连续 3~5 年种植, 则既有野生性又有栽培性, 可夏收粮、秋收草, 农牧兼顾。

第二节 燕麦的生物学特征

一、燕麦的植物学特征

1. 根

燕麦的根为须根系, 分为初生根和次生根。初生根即种子根, 当燕麦种子发芽后, 会先后长出 3~5 条初生根, 多时可达 8 条。初生根表面生有许多纤细的根毛,

其寿命可维持 2 个月左右，它的主要作用是吸收土壤中的养分和水分，供给幼苗生长发育所需营养。

燕麦幼苗进入分蘖后会生出次生根。次生根又叫永久根，长在分蘖节处。次生根比初生根粗壮，根毛密集，构成了燕麦的根系。燕麦的根系一般密集分布在地表下 10~30cm 的耕作层中，最深者可达 130~200cm。

2. 茎

燕麦茎圆而中空，表面光滑，直立单生或丛生。茎秆直径 4mm 左右，茎壁厚约 0.3mm，髓腔较大。植株高 60~120cm，最高可达 200cm。有茎节，一般 4~8 节。地上各节除最上一节外，其余各节均有一个潜伏芽，这些芽通常不会发育，但当主茎生长受到抑制时，个别芽也能长出茎秆，同样能抽穗结实，形成丛生现象。结穗的茎节（穗节）长度随着株高而变化。有调查显示，当株高为 100cm 时，穗节长度约为 50cm，当株高为 120cm 时，穗节长度约 70cm，穗节以下各节的总长度约 50cm。通常将穗节与其下各节总长度的比值作为鉴定抗倒伏品种的依据之一。

3. 叶

燕麦的叶由叶鞘、叶片、叶关节和叶舌组成。叶鞘基部长于节间，包围茎秆、较松弛，基部闭合，外部光滑或有毛。叶片扁平质软，微粗糙或下面较平滑，边缘呈锯齿形。形状一般长而狭窄，也有短而宽型。叶长约 14~25cm，宽 1.3~3cm。颜色因品种而不同，有深绿色、绿色、黄绿色。叶缘和叶背的细毛特征可作为品种鉴定的一个依据。燕麦无叶耳，通常有较发达的叶舌，膜质、白色，长 2~3mm，顶端边缘呈锯齿状。

4. 花

燕麦的花穗呈圆锥花序或复总状花序，由穗轴和各级穗分枝组成。穗型根据穗分枝与穗轴的着生状态常见有周散型和侧散型两种（见图 1-1）。穗分枝环绕穗轴、均衡散开排布的为周散型穗；穗分枝集中在穗轴一侧排布的为侧散型穗。穗分枝在穗轴上为半轮生状着生，每一个半轮生的穗分枝作为一个轮层，一般每穗具有 4~9 个轮层，每个轮层上着生许多穗分枝。着生在穗轴上的穗分枝称为一级分枝，着生在一级分枝上的穗分枝称为二级分枝，依次类推。

各级穗分枝的顶端着生有 1 个或多个小穗。小穗由枝梗、护颖、外稃、内稃、芒（有的品种没有）、小花组成。小穗的形状受到小穗中小花数量和花柄长短的影响，常见的有鞭炮形、串铃形和纺锤形等 3 种。一般每穗有 15~40 个小穗，有的高达 150 个以上。皮燕麦每小穗有 2~3 朵小花，裸燕麦有 4~8 朵。燕麦的小花由外稃、内稃、3 枚雄蕊、1 枚雌蕊及 2 个鳞片组成。结实率以基部第二朵小花为最高，一般情况下顶端的小花退化不结实。同一穗中的籽粒大小也有分别，以基部的籽粒最大，依次递减。

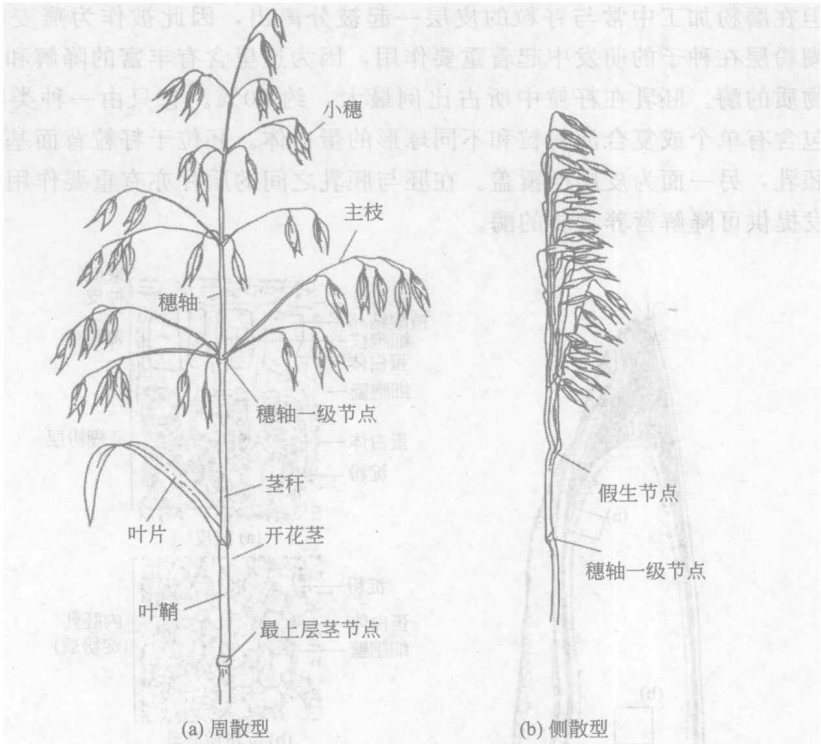
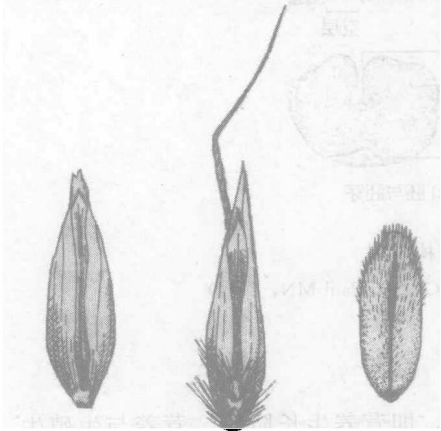


图 1-1 燕麦穗型与茎秆
(中国农业百科全书, 1990)

5. 籽实

燕麦的果实为颖果。籽粒形状瘦长有腹沟，一般长约 0.8~1.0cm，宽约 0.16~0.32cm，常见有筒形、卵圆形和纺锤形。籽粒大小因品种不同差别很大（见图 1-2）。带稃的皮燕麦籽粒紧裹在外稃与内稃之间，千粒重一般为 20~40g；裸燕麦籽粒表面无稃，但有茸毛，冠毛发达，千粒重为 16~25g；野生燕麦含稃、籽粒秕小、细长且通常有较长的芒。燕麦籽粒的颜色常见的有白色、浅黄色、黄色。



皮燕麦 野燕麦 裸燕麦

图 1-2 燕麦的籽粒
(中国农业百科全书, 1990)

燕麦籽粒的内部构造与小麦大致相同，只是其糊粉层有两层细胞，而小麦只有一层（见图 1-3）。其形状为长椭圆形，顶端着生茸毛，下端为胚。籽粒的背面呈圆弧形，腹面有一纵向较深的腹沟。由果皮、种皮及珠心层结合在一起的皮层融合在一起构成了燕麦的皮层，糊粉层（通常为两层）尽管从植物学观点属于胚乳的最外层，包围着整个胚乳和大部分的胚

芽，但在磨粉加工中常与籽粒的皮层一起被分离出，因此被作为燕麦麸皮的一部分。糊粉层在种子的萌发中起着重要作用，因为这里含有丰富的降解和输送胚乳中营养物质的酶。胚乳在籽粒中所占比例最大，约 80%。它只由一种类型的细胞组成，包含有单个或复合淀粉粒和不同球形的蛋白体。胚位于籽粒背面基部，一面紧挨着胚乳，另一面为皮层所覆盖。在胚与胚乳之间的盾片亦有重要作用，能够为胚的萌发提供可降解营养物质的酶。

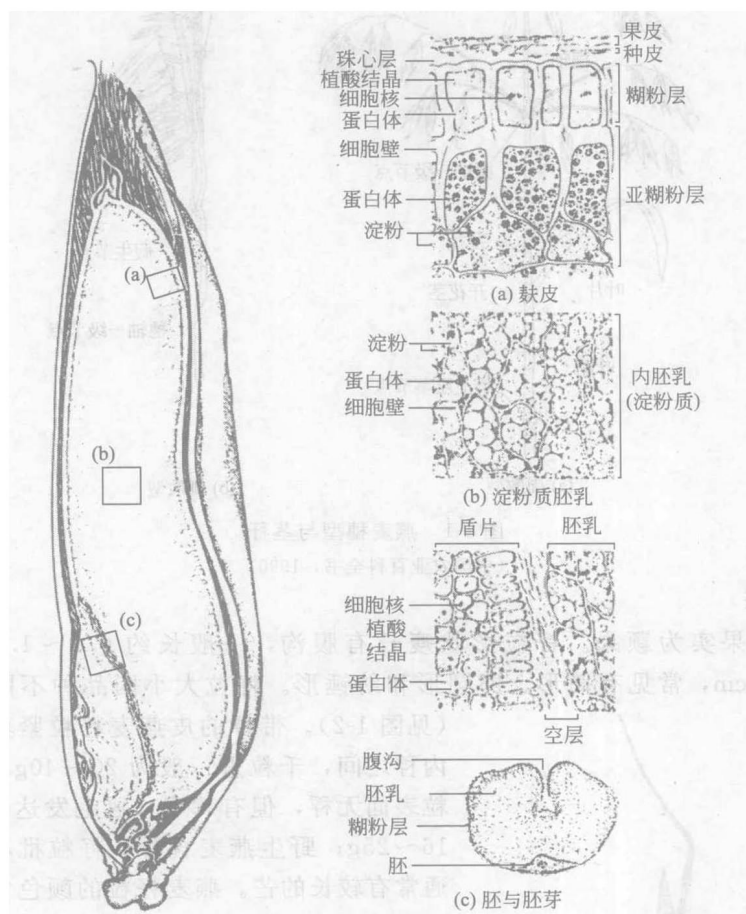


图 1-3 燕麦籽粒结构

(图片来源：燕麦，化学与工艺（英），AACC，St. Paul MN，1986)

二、燕麦的生长发育特性

燕麦的生长发育过程大体上可分为三个阶段，即营养生长阶段、营养与生殖生长并进阶段以及生殖生长阶段。营养生长阶段是指从出苗到抽穗，主要是燕麦的根、茎、叶等营养器官形成的阶段，此阶段主要决定了株体的大小。生殖生长阶段是指从幼穗分化到籽粒成熟的阶段，是燕麦生殖器官的发育和种子形成期，此阶段