



国家出版基金项目

现代农业科技专著大系

中国燕麦学

任长忠 胡跃高 主编

中国农业出版社



欢迎登录：中国农业出版社网站
www.ccap.com.cn



封面设计：杨 璞
版式设计：胡至幸

ISBN 978-7-109-18550-0



9 787109 185500 >

定价：80.00元



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

现代农业科技专著大系

“国家现代农业产业技术体系建设专项资金”资助出版

中国燕麦学

任长忠
胡跃高
主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国燕麦学 / 任长忠, 胡跃高主编. —北京: 中国农业出版社, 2013. 11

(现代农业科技专著大系)

ISBN 978-7-109-18550-0

I. ①中… II. ①任… ②胡… III. ①燕麦—研究—中国 IV. ①S512.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 261480 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 孟令洋 刘爱芳

北京中科印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 18.25

字数: 450 千字

定价: 80.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

《中国燕麦学》编辑委员会

主 编：任长忠 胡跃高

副 主 编：杨 才 张宗文 崔 林 刘景辉 付晓峰
赵桂琴 胡新中

编委会成员：（以姓氏拼音为序）

常克勤	陈 恭	付晓峰	郭来春	胡新中
胡跃高	姜 英	金 涛	雷生春	李建疆
李立军	李天亮	李再贵	林叶春	刘慧军
刘景辉	刘龙龙	刘文婷	刘彦明	马保罗
马挺军	彭远英	钱 欣	任长忠	田长叶
王凤悟	吴 斌	武俊英	严威凯	杨 才
杨晓虹	杨学超	杨 永	杨云贵	臧华栋
曾昭海	张新军	张新忠	张永伟	张志芬
张宗文	赵宝平	赵桂琴	赵世峰	郑殿升
周海涛	周洪友	周婷婷		

审 稿 人：郑殿升 杨 才 田长叶 张宗文 崔 林
付晓峰

编委会秘书：郭来春 赵宝平 钱 欣

自 1998 年起，我就有幸与中国吉林省白城市农业科学院院长任长忠博士合作，多年的合作研究，使我们在燕麦育种和改良方面取得了非常好的进展。燕麦是我们在粮食和饲料作物改良时能选择的最有营养的禾谷类作物，但长期以来却被育种家和加工者所忽视，因为大家的注意力都集中在水稻、大麦、小麦和玉米等供给全世界食物的大宗作物上。据估计，到 2050 年全世界人口将增加至 90 亿，而粮食生产由于受土地和水资源的限制难以有很大的提升。Conway 和 Wilson 在最近出版的名为《十亿人挨饿——我们能养活全世界吗》一书中提到，我们必须让粮食生产到 2050 年翻一番；就像诺贝尔和平奖获得者 Norman Borlaug 博士在小麦作物改良上提出的一样，Conway 号召来一场新的“绿色革命”以满足日益增长的粮食需求。但他们并没有提出具体的解决办法。很明显，传统作物如小麦等新品种的培育方法很可能不会取得多大的成功，因为时间太紧迫了，而且至今还没有找到一个合适的机制，以及植物需要栽培、筛选和评价，还需要找到更多水资源充足的地区。我和任长忠博士都认为，我们需要开发出一种新的策略以找到适宜的作物开始新的“绿色革命”，而燕麦是这类作物的首选。它至少能部分解决这一问题，因为我们培育出的裸燕麦品系拥有完成这一任务所需的部分基因。Borlaug 博士在小麦改良上整合的一个最重要的性状就是控制光照不敏感的基因。这个性状赋予植物在不同纬度不同日照条件下能够正常生长和开花。对小麦或燕麦之类的禾谷类而言，就会变成对光照不敏感。有些燕麦品种比如 VAO-8，就拥有光照不敏感基因 *Di-1*。如果措施得当，它就可以成为新绿色革命作物。VAO-8 种子表面几乎没有茸毛，很多老品种因为有茸毛而在脱粒和加工过程中常导致皮肤瘙痒和影响呼吸系统。

VAO-8 是加拿大育成的品种，任博士将其与中国的裸燕麦杂交，选育出了能在中国盐碱地上生长的燕麦新品种。中国有几百万公顷的盐碱地，这就

为利用盐碱地生产更有营养的作物（不是小麦或水稻）提供了可能。他还发现同一块地上一年内能种植两茬裸燕麦，一茬收籽粒，一茬根据生长季的长短收获籽粒或饲草。

种植光照不敏感裸燕麦的重要特性之一是这种燕麦需水量比水稻少，易于种植和脱粒，可单独煮食或与大米混合煮食。燕麦的蛋白质含量是大米的2倍（燕麦为16%，大米为8%），氨基酸含量与大米相当。

任博士与其他科研工作者和商业伙伴在许多项目上合作，利用裸燕麦加工燕麦粥、面条、啤酒、白酒、饮料，通过养殖获得家禽家畜以及鱼类产品。燕麦的血糖指数较低，对乳糜症和Ⅱ型糖尿病病人很有帮助。中国科学家对燕麦的改良成果可以迅速应用到面临人类营养、疾病和缺水问题的地区。

在本书即将出版之际，我祝愿中国燕麦界的同仁们为中国燕麦产业与科学技术发展作出新贡献，也为世界燕麦产业与科学技术发展作出更大贡献。

沃恩·布罗斯

2013.07



PREFACE

It has been my pleasure to work with Dr. Ren Changzhong, Director, Baicheng Academy of Agricultural Sciences, Baicheng City, Jilin Province, PRC since 1998. We have cooperated on an oat breeding and improvement project and have made very good progress. Oat is the most nutritional cereal we can grow for food and feed improvement but oats has been neglected in the past by breeders and processors because attention has been devoted to established crops such as rice, barley, wheat and maize because they are major crops and much food was available in the world. This was unfortunate because the world's human population is projected to increase to a total of 9 billion people by 2050 and progress in production is limited by land and water requirements. Conway and Wilson have reported in their recent book, entitled *One Billion Hungry—Can We Feed The World*. They and others agree that we must double cereal production by 2050 and Conway is calling for a new “green revolution” like the one generated by Dr Norman Borlaug for wheat to meet increased food demand. They offer no solution to solve the problem but it is clear that conventional breeding to produce new varieties will likely fail with crops like wheat because time is too short, a suitable mechanism has not been found and is not in place, plants have to be grown, selected, and evaluated and many new areas with sufficient water resources have to be found. Ren and I believe that a new strategy has to be explored to find crops to create a new “green revolution” and we believe the oat is a prime candidate. It could be at least a partial solution to the problem because the hulless strains we now have bred are equipped with some of the required genes to do the task. One of the most important traits that Dr. Borlaug incorporated into his wheats was the genes that controlled photoperiodic daylength insensitivity. This trait equips a plant to flower normally when it is grown under different day lengths at different latitudes. For cereals such as wheat or oats the plant becomes day neutral. Some of our oats, like VAO-8, possess the daylength insensitive gene *Dt-1*. If handled properly, VAO-8 could form the new green revolution cereal. It has a “bald” seeded groat with very few surface borne trichomes that are common to older varieties of oats which cause itchy skin and respiratory problems when they break off during threshing and handling.

VAO-8 arose in the Canadian oat breeding program but crosses of Canadian and Chinese hulless oats led Dr. Ren to discover that these oats can be grown successfully on saline soils in China. China has millions of hectares of saline soils so this opens the possibility of using new lands to grow a nutritious cereal instead of wheats or rice. He also discovered that he was able to grow two hulless oat crops a season on the same land; one for grain and another for grain or forage depending on the length of the growing season.

One of the most important features of growing daylength insensitive hulless oats is the fact that they can be grown with less water than rice and the crop is easy to grow and thresh and the groats can be cooked alone or mixed with rice. Oat groats have approximately twice the protein content (16% for oats and 8% for polished rice) and the amino acid content of oats is equal to polished rice.

Ren has worked with other scientists and business associates on a number of projects to use hulless oats to make porridge, noodles, beer, distilled spirits, oat drink, eggs, poultry meat, fish. The oat will be useful to patients who suffer from celiac disease and type II diabetes because oats have a low glycemic index. Improvements to oats made by Chinese scientists can be immediately transferred to other regions that are faced with the same production problems of human nutrition, disease and water shortages.

At the book get published, I sincerely wish my colleagues in China make new contribution to oat industry and research development both at China and abroad.

Vernon D. Burrows

July 2013

前言

10 000 年前,人类学会了种植作物,饲养家畜,农业应运而生,然后便星火燎原般地传遍世界。时至今日,农业已由最初的东亚、西亚、中美洲的点状分布进入到了无处不在的全球农业时代。世界大部分作物的驯化大约就在那一时期完成的。迄今为止,关于远古时期燕麦实物的考古资料缺乏。中国燕麦传统产区邻近的半坡文化、红山文化、齐家文化均未发现燕麦实物。中国最早关于燕麦的资料来自于文献记录。《史记·司马相如列传》引《子虚赋》中有“云梦者,方九百里,其中有山焉。……其高燥则生葳薺苞荔”。该赋记述的战国轶事中之“薺”,魏明帝时弘农守孟康注释为:“禾,似燕麦”。可见燕麦当时已成为区别于杂草的独立栽培作物。由此可以明确判断,我国燕麦种植至少已有 2 100 多年的历史。而真实的情况则可能是,在此之前很久先民们就已经完成对燕麦的驯化。这无疑需要今后通过考古学进一步发展来证实。作为世界裸燕麦起源地和故乡,我们的祖先从其驯化到传承至今作出了重要贡献。

与裸燕麦不同,皮燕麦(带稃型燕麦),通称栽培燕麦,起源于地中海沿岸,由野红燕麦(*Avena sterilis* L.)演变而来。世界其他国家主要以皮燕麦生产为主,多数饲用,少数食用。目前我国内蒙古、青海、新疆、西藏等地也有皮燕麦饲草与粮食生产。

导致燕麦产业在 20 世纪与 21 世纪之交兴起的基本因素有三个:

第一,作为防治代谢病的功能食品,社会需求增长。1997 年美国食品和药品管理局(FDA)在连续 25 年研究工作基础上,认定皮燕麦具有可降低胆固醇,防治心血管疾病的作用,其功能成分为 β -葡聚糖,从而使得燕麦成为唯一的功能谷物。在此之前,我国学者陆大彪、洪昭光对裸燕麦也进行了研究,得出了同样结论。近代发展史上,伴随着常规现代化发展,受多种因素影响,公共医学领域代谢病(心血管病、糖尿病、癌症)发生率呈加重趋势,

通过食物调节,防治代谢病成为关注热点。因此,上述研究结论迅速传遍世界,成为燕麦产业稳步发展的基本动力。

第二,现代加工技术进步,使燕麦产品完美地融入主食系列。欧美现代燕麦食品加工业始于100多年前。1978年以后,随着改革开放燕麦片等产品进入我国。但燕麦片毕竟只是作为早餐食品,难以普遍推开。之后,欧美加工业采用灭酶技术解决了燕麦脂肪氧化问题,解决了燕麦粉进入到糕点、面包等面食主食系列问题。20世纪末,加拿大农业部周坚强博士研究了燕麦米加工工艺及其与大米混合食用技术,并在中国进行推广试验,取得进展,进一步解决了燕麦进入主食系列问题。上述技术进步,从理论上解决了燕麦作为功能食品进入寻常百姓家餐桌所需关键技术问题,燕麦产品可以完美地融入世界大部分国家与地区的主食系列。

第三,随着育种栽培技术的进步,燕麦正在成为中高产作物。20世纪开始,世界作物生产进入杂交育种阶段,农作物产量随之迅速提高。燕麦生产分布在高海拔冷凉地区、干旱和半干旱农牧交错地区,生长条件差,长期被视为低产作物。随着国内外燕麦育种界成功完成燕麦杂交育种技术体系构建,燕麦已经进入中产水平与高产水平发展阶段。裸燕麦水浇高产栽培产量可达到 $6\text{t}/\text{hm}^2$,甚至更高水平;新疆皮燕麦已经有了 $7\text{t}/\text{hm}^2$ 的记录。新的更高产量水平的品种还在培育过程中。燕麦已经摘掉了低产作物的帽子,逐步成为了中高产作物。

20世纪80年代,以杨海鹏、孙泽民等为代表的我国老一辈燕麦科研工作者在全面回顾和系统总结1949年以来燕麦科研与生产成就的基础上,于1989年出版了第一部系统介绍燕麦的学术专著——《中国燕麦》。该书完整地介绍了燕麦植物学特征、生物学特性、分类、品种资源、遗传育种、良种繁育、栽培以及病虫害防治等知识,推动了我国燕麦科研发展和生产技术进步。

如今距离《中国燕麦》出版已近25年。在此期间,我国燕麦科研工作者在基础理论、遗传育种、生产技术、加工技术和产业发展等领域做了大量工作,取得了较大进步;出现了若干研究新领域和发展新方向,如燕麦营养和功能价值的研究等;燕麦产业发展也面临着新机遇和挑战。为了回顾和总结燕麦研究取得的新进展,展望我国燕麦产业未来发展趋势,我们组织编写了《中国燕麦学》一书,以便更好地促进燕麦科研创新,服务于燕麦产业发展与进步。

该书于2010年开始酝酿编写,成立了编委会,制定编写大纲,进行人员

分工。几年来,经过认真准备、收集资料与撰写,于2012年4月、2013年1月两次召开审稿会,在广泛征求同行专家和审稿专家意见的基础上,2013年7月定稿。

本书编写人员均为国家燕麦荞麦产业技术体系的岗位科学家、试验站长、学术骨干及相关科技工作者。在编撰内容分工上,结合个人研究领域和专长,以保证专著内容能充分反映相关领域最新研究进展。全书分十章:第一章概论,由任长忠编写,参与编写与资料收集人员有赵宝平、钱欣、郭来春、马保罗、严威凯、赵桂琴、马挺军;第二章燕麦的形态与生长发育,由杨才主笔,参与编写人员有周海涛、张新军、李天亮、杨晓虹、周婷婷、刘文婷、胡新中;第三章影响燕麦生长发育的环境因子,由胡跃高主笔,参与编写人员有钱欣、杨学超、杨永、姜英、林叶春;第四章燕麦种质资源,由张宗文、郑殿升和吴斌编写;第五章燕麦育种,由崔林、杨才、张宗文、田长叶和赵世峰编写;第六章燕麦栽培技术,由刘景辉和赵宝平主笔,参与编写与资料收集人员有武俊英、杨才、常克勤、刘彦明、任长忠、胡跃高、雷生春、赵桂琴、付晓峰、林叶春、刘慧军;第七章燕麦种子生产,由付晓峰和张志芬编写;第八章燕麦主要病虫害防治,由赵桂琴和周洪友编写;第九章燕麦产品加工利用,由胡新中、李再贵和杨云贵编写;第十章我国燕麦产业发展趋势与展望,由任长忠编写,提供资料人员有赵宝平、郭来春、杨才、胡新中、李再贵、马挺军。此外,曾昭海、李立军和彭远英等在书稿修订中提出大量宝贵意见和建议。在完成初稿后,由编写人员相互间交换审阅,进行认真修改和完善,以避免章节间重复或遗漏,并提出各章修改意见。之后经杨才、田长叶、张宗文、崔林和付晓峰审定全稿,郑殿升对审定稿作出了重要贡献。任长忠和胡跃高统稿。在此谨向为本书编写作出贡献的所有人员表示诚挚谢意!

本书编写得到了农业部科教司领导的关心和鼓励,得到了国家燕麦荞麦产业技术体系全体人员的热心支持和协助,在此表示感谢。

编写者尽力在全面介绍我国燕麦科研领域研究进展的同时,力争反映近10多年来国际燕麦研究的最新进展。但限于作者水平与时间,难免存在不足与错误,敬请读者批评指正。

任长忠 胡跃高

2013年7月10日

目 录

序

PREFACE

前言

第一章 概论	1
第一节 燕麦的起源、分布与传播	1
一、燕麦的起源	1
二、燕麦的分类	1
三、燕麦在世界的传播与分布	3
(一) 燕麦在世界的传播	3
(二) 燕麦在世界的分布	3
四、燕麦在中国的传播、分布与产区划分	5
(一) 燕麦在中国的传播	5
(二) 燕麦在中国的分布	5
(三) 中国燕麦产区的划分	6
第二节 燕麦的价值	7
一、食用价值	7
二、饲用价值	8
三、经济价值	9
四、生态价值	9
五、社会文化价值	10
第三节 我国燕麦的研究历程与现状	11
一、燕麦育种概况	11
(一) 研究基本历程	11
(二) 资源收集和评价研究	12
(三) 常规育种技术研究	12
(四) 生物技术研究进展	13
二、燕麦栽培概况	13
(一) 生育期与播种	13
(二) 施肥	14

(三) 灌溉	14
(四) 病虫害防治	14
(五) 栽培耕作模式	14
三、燕麦加工概况	15
(一) 食品加工概况	15
(二) 食品加工技术现状	15
(三) 饲草饲料加工技术概况	16
四、我国燕麦产业存在的问题	17
第四节 燕麦产业技术体系建设	18
一、燕麦产业技术体系发展概况	18
(一) 科研项目概况	18
(二) 主要科研机构	18
二、燕麦科企合作	19
三、燕麦科技合作	19
四、燕麦国际交流合作	20
第二章 燕麦的形态与生长发育	22
第一节 燕麦的植物学特征	22
一、根	22
二、茎	22
三、叶	23
四、穗	24
五、花	24
六、果实(种子)	25
七、燕麦籽粒的构成	26
(一) 皮层	26
(二) 胚乳	27
(三) 胚	27
第二节 燕麦的生长发育	28
一、燕麦的生活史	28
二、燕麦的生育时期	29
(一) 发芽与出苗期	29
(二) 分蘖与扎根期	29
(三) 拔节与孕穗期	30
(四) 抽穗与开花期	30
(五) 灌浆与成熟期	30
(六) 燕麦的生育阶段	30
三、燕麦的穗分化	31

(一) 生长锥初生期	31
(二) 生长锥伸长期	31
(三) 枝梗分化期	31
(四) 小穗分化期	32
(五) 小花分化期	32
(六) 雌雄蕊分化期	32
(七) 四分体分化期	33
四、燕麦物候期调查记载标准	33
五、不同生态区物候期变异趋势	34
第三节 燕麦产量形成	34
一、干物质积累规律	34
二、源、库、流关系	35
三、产量构成因素	35
第三章 影响燕麦生长发育的环境因子	38
第一节 燕麦生长发育与光照的关系	38
一、燕麦光合产物的积累与分布	38
二、燕麦生长发育阶段与光照	38
三、燕麦不同区域光照影响作用	39
第二节 燕麦生长发育与温度的关系	40
一、燕麦生长发育阶段所需温度	40
(一) 适宜温度	40
(二) 临界温度	41
二、燕麦耐寒性与耐热性	41
三、燕麦不同区域温度的影响特性	41
第三节 燕麦生长发育与水分的关系	41
一、燕麦需水特性	41
二、燕麦的抗旱性	43
三、燕麦不同区域水分影响作用	43
第四节 燕麦生长发育与土壤的关系	44
一、燕麦土壤理化特性	44
二、燕麦耐瘠薄性	45
三、燕麦耐盐碱性	45
第五节 燕麦生长发育与营养元素的关系	46
一、氮	46
二、磷	47
三、钾	47
四、微量元素	48

第四章 燕麦种质资源	49
第一节 世界燕麦种质资源研究进展	49
一、燕麦资源收集和保护	49
(一) 种质资源收集保存数量	49
(二) 燕麦属不同种的收集保存状况	50
(三) 栽培燕麦种质资源的主要类型	51
(四) 燕麦种质保存主要机构和材料特点	51
二、燕麦种质评价与创新	52
(一) 燕麦种质遗传评价	52
(二) 燕麦种质创新工作	52
三、燕麦优异种质资源	53
(一) 抗病资源	53
(二) 优质资源	53
第二节 中国燕麦种质资源研究进展	54
一、燕麦种质资源收集与保存	54
二、燕麦种质资源鉴定与评价	55
(一) 种质资源鉴定	56
(二) 种质资源遗传多样性评价	57
三、燕麦种质资源创新与利用	58
(一) 种质资源创新	58
(二) 种质资源利用	59
四、燕麦种质资源信息管理	60
(一) 描述规范和数据标准制定	60
(二) 数据库建立与共享	60
第三节 燕麦地方品种	61
一、北方春播品种	61
二、西南秋播品种	61
三、地方品种的育种价值	61
(一) 早熟性	62
(二) 丰产性	62
(三) 抗病虫性	62
(四) 抗旱性	62
(五) 优质	62
第四节 燕麦育成品种	62
一、裸燕麦和皮燕麦品种	63
(一) 裸燕麦品种	63
(二) 皮燕麦品种	63

二、不同熟期品种	63
(一) 极早熟品种	63
(二) 早熟品种	63
(三) 中熟品种	63
(四) 晚熟品种	63
三、加工专用品种	64
四、粮饲兼用品种	64
第五节 燕麦野生种	64
一、野生燕麦资源种类	64
二、野生燕麦的育种价值	65
第六节 燕麦种质资源引进与利用	65
一、燕麦种质资源引进	65
二、燕麦引进资源的利用	67
(一) 直接利用	67
(二) 间接利用	67
第五章 燕麦育种	69
第一节 燕麦育种发展历程	69
一、农家品种的筛选与应用阶段	69
二、系统选育与引种阶段	69
三、裸燕麦品种间杂交育种阶段	70
四、皮、裸燕麦种间杂交育种阶段	70
五、新技术新方法研究应用	70
(一) 诱变育种	70
(二) 单倍体育种	70
(三) 幼胚培养方法	71
(四) 核不育育种法	71
第二节 燕麦育种目标	71
一、燕麦育种目标的制定	71
(一) 针对不同生态区确定育种目标	72
(二) 针对不同土壤类型确定育种目标	73
(三) 针对不同用途和市场需求确定育种目标	73
二、燕麦育种的主要目标及性状	74
(一) 高产	74
(二) 稳产	75
(三) 生育期	76
(四) 优质	76
(五) 抗病性	77