

Zhongguo Beifang
Zhuanyong Xiaomai

中国北方专用小麦

孙宝启 郭天财 曹广才 主编



气象出版社

中国北方专用小麦

孙宝启 郭天财 曹广才 主编

气象出版社

内 容 简 介

这是一本反映中国北方专用小麦研究成果和成就的专著。全书理论与实践相结合,由十一章组成。主要内容有中国北方专用小麦的种植历史与现状;小麦品质概念、形成与评价;通用的专用小麦类型;专用小麦育种的基本理论、途径、成就和良种繁育;环境与生态条件对小麦品质的影响;专用小麦优化栽培技术体系;专用小麦优化种植模式;专用小麦的环境胁迫对策;专用小麦的综合利用与精深加工;专用小麦区划;中国北方专用小麦良种简介。对于专用小麦优良品种的介绍,主要选择近年通过审定的新品种,其中多数品种已有相当的推广面积,不但品质优良,产量也相对较高,并且获得科技成果奖励。这些品种覆盖了中国东北春麦区、北部春麦区、西北春麦区、新疆麦区、北部冬麦区和黄淮冬麦区。主要读者对象是农业科研单位、大专院校师生和农技推广部门。也可供农业管理部门参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国北方专用小麦/孙宝启,郭天财,曹广才主编.—北京:气象出版社,2004.4

ISBN 7-5029-3740-4

I.中… II.①孙…②郭…③曹… III.小麦—栽培—研究—华北地区 IV.S512.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第016688号

中国北方专用小麦

孙宝启 郭天财 曹广才 主编

责任编辑:王元庆 终审:曹诗健

封面设计:张津永 责任技编:刘祥玉 责任校对:蔡云

气象出版社出版

(北京市海淀区中关村南大街46号 邮政编码:100081)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxchs@263.net

北京兴怀印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:19.5 字数:480千字

2004年5月第一版 2004年5月第一次印刷

ISBN 7-5029-3740-4/S·0425

定价:38.00元

《中国北方专用小麦》

编委会

主 编:孙宝启 郭天财 曹广才

副主编(姓氏笔画排列):

王荣栋	王 辉	刘发魁	刘建军	李元清
李晓宇	肖建国	吴东兵	吴新元	陈希勇
屈会选	侯立白	魏 湜		

顾 问:王光瑞

编 委(姓氏笔画排列):

于美玲	马冬云	王小兵	王 龙	王永华
王旭清	王建华	王荣栋	王姣爱	王继忠
王 辉	孔 军	田胜民	吕雪梅	朱建民
孙宝启	孙 群	刘万华	刘发魁	刘建军
刘建斌	刘爱峰	衣 莹	李元清	李亚军
李志强	李卓夫	李晓宇	李彩云	李 晶
李 筠	杨万深	芦铁钢	芦 静	肖建国
吴东兵	吴晓华	吴新元	张久刚	张保军
张 雯	张新忠	陈希勇	陈贺芹	尚勋武
季书勤	屈会选	郑 飞	赵淑章	侯立白
段友臣	姬虎太	洪 霞	贺万桃	晁海燕
高松清	高增玉	郭天财	曹广才	黄天荣
崔欢虎	崔国惠	魏亦勤	魏 湜	

前 言

小麦是全世界栽培面积最大、分布范围最广、总产量最多、总贸易额最高的最主要粮食作物。中国是全世界小麦第一生产和消费大国。以秦岭、淮河为界,北方地区是全国小麦的聚集产区。北方小麦生产历史极为悠久。勤劳智慧的中国北方人民在长期实践中,积累了小麦高产、优质、高效的丰富种植经验,使得小麦产量不断提高,对平衡中国粮食市场,适应社会经济发展对主要粮食作物的需要做出了卓越贡献。20世纪90年代后期以来,中国北方小麦主产省份为适应农业结构战略调整和品质结构的优化调整,在加入WTO后国产小麦受冲击的形势下,在国内率先进行小麦品种和品质结构的优化调整,大力发展优质专用小麦生产,以满足社会经济发展和人民生活水平提高对小麦优质化、专用化、多样化的市场需求,小麦质量明显改善。特别是2002年以来,中国食用小麦首次出口,在路透社硬质小麦报价单上首次把“郑州小麦”与美国、澳大利亚、加拿大等传统小麦出口大国的小麦并列。强筋小麦在郑州商品交易所首次成功上市,中国首次由传统小麦进口大国转变为净出口国,这些重大的历史性或阶段性突破都发生在中国北方。这就进一步表明北方地区在中国小麦生产中的重要地位和发展潜力。

当前,中国已经进入全面建设小康社会的历史发展阶段。为全面系统总结中国北方优质专用小麦的研究成果和生产成就,客观反映国内外优质专用小麦的最新研究进展,实现依靠科技进步,全面推进中国优质专用小麦产业的持续健康快速发展,编著和出版这部科技著作势在必行。经中国农业科学院作物育种栽培研究所曹广才研究员动议,与中国农业大学孙宝启教授和河南农业大学国家小麦工程技术研究中心郭天财教授共同牵头,组织了北方小麦主产省、区的农业科研单位和有关农业院校参加《中国北方专用小麦》一书的写作。在保证一定质量和水平的前提下,争取以较快的速度完成这部集体著作的撰写和出版。

中国农业科学院作物育种栽培研究所、中国农业大学、河南农业大学国家小麦工程技术研究中心、东北农业大学、沈阳农业大学、天津市农业科学院农作物研究所、河北省农林科学院粮油作物研究所、内蒙古自治区农业科学院作物研究所、山西省农业科学院小麦研究所、河南省农业科学院小麦研究所、山东省农业科学院作物研究所、西北农林科技大学、新疆维吾尔自治区农业科学院粮食作物研究所、新疆石河子大学农学院等单位对此书的撰写给予了大力支持。另外,江苏省连云港市农业科学院、甘肃农业大学、宁夏回族自治区农业科学院农作物研究所、河南省许昌市农业技术推广站、河南省济源市农业局等单位的有关人员也参加了部分撰稿。这部集体著作的各个章节在作者按照写作提纲的要求完成撰稿后,经编委会集体审阅,又经作者们参考审稿意见自行修改。最后经编委会委托,曹广

才研究员等对全书进行了统稿,又做了大量有关技术性和组织工作。书的出版也得益于气象出版社的有力配合。在此一并致谢。

由于时间紧,又限于编著者水平,不当或错误之处难免,敬请同行专家和广大读者指正。

《中国北方专用小麦》编委会

2003年9月

Brief Introduction

This eleven-chapter monograph discusses the achievements on special wheat in Northern China. It covers both theoretical and practical aspects of special wheat, mainly its growing history and current status; the concept, formation and evaluation of wheat quality; the all-purpose special wheat; the basic breeding theory, approaches, and achievements, as well as seeds propagation for special wheat; the effect of environmental and ecological factors on wheat quality; the optimal cultivating techniques of special wheat; the optimal planting patterns of special wheat; the countermeasures to environmental stresses of special wheat; the comprehensive utilization and deep processing of special wheat; regionalization of special wheat; a brief introduction of special wheat varieties of Northern China. The special wheat varieties to be introduced in this book are mainly those that were released in recent years, grown at relatively large area with good performance such as high-quality and high-yielding, and even winners of science and technology award. These varieties are currently grown in Northeastern spring-sown wheat zone, Northern spring-sown wheat zone, Northwestern spring-sown wheat zone, Xinjiang wheat zone, Northern winter wheat zone and Huanghuai winter wheat zone. This monograph is intended to be used by those who are working in agricultural research units, agricultural universities and agricultural administrations.

Special Wheat in Northern China

Editorial Committee

Chief Editors: SUN Baoqi GUO Tiancai CAO Guangcai

Associated Chief Editors:

WANG Rongdong WANG Hui LIU Fakui LIU Jianjun LI Yuanqing LI Xiaoyu

XIAO Jianguo WU Dongbing WU Xinyuan CHEN Xiyong QU Huixuan

HOU Libai WEI Shi

Advisor: WANG Guangrui

Members of Editorial Committee (Names are listed in number of strokes of their Chinese surnames):

YU Meiling MA Dongyun WANG Xiaobing WANG Long WANG Yonghua

WANG Xuqing WANG Jianhua WANG Rongdong WANG Jiaoai

WANG Jizhong WANG Hui KONG Jun TIAN Shengmin LU Xuemei ZHU Jianmin

SUN Baoqi SUN Qun LIU Wanhua LIU Fakui LIU Jianjun

LIU Jianbin LIU Aifeng YI Ying LI Yuanqing LI Yajun

LI Zhiqiang LI Zhuofu LI Xiaoyu LI Caiyun LI Jing LI Yun YANG Wanshen

LU Tiegang LU Jing XIAO Jianguo WU Dongbing WU Xiaohua

WU Xinyuan ZHANG Jiugang ZHANG Baojun ZHANG Wen ZHANG Xinzong

CHEN Xiyong CHEN Heqin SHANG Xunwu JI Shuqin QU Huixuan ZHENG Fei

ZHAO Shuzhang HOU Libai DUAN Youchen JI Hutai HONG Xia HE Wantao

CHAO Haiyan GAO Songqing GAO Zengyu GUO Tiancai CAO Guangcai HUANG

Tianrong CUI Huanhu CUI Guohui WEI Yiqin WEI Shi

目 录

前言

第一章 中国北方专用小麦种植历史与现状	(1)
第一节 小麦起源、演化和在中国北方的传播	(1)
第二节 北方小麦在粮食生产中的地位	(7)
第三节 北方小麦种植技术演变	(9)
第四节 北方小麦品种演变	(13)
第五节 北方专用小麦发展	(23)
第二章 小麦品质	(28)
第一节 小麦品质概述	(28)
第二节 小麦品质的形成	(33)
第三节 小麦品质的评价	(39)
第三章 专用小麦类型	(50)
第一节 强筋小麦	(50)
第二节 中筋小麦	(53)
第三节 弱筋小麦	(56)
第四章 专用小麦育种	(60)
第一节 专用小麦育种基本理论	(60)
第二节 专用小麦育种基本途径	(68)
第三节 专用小麦育种成就	(80)
第四节 专用小麦良种繁育	(86)
第五章 环境与生态条件对小麦品质的影响	(98)
第一节 小麦品质的地域差异	(98)
第二节 自然生态因子对小麦品质的影响	(108)
第三节 人为生态因子对小麦品质的影响	(119)
第六章 专用小麦栽培	(127)
第一节 秋播小麦优化栽培技术体系	(127)
第二节 春播小麦优化栽培技术体系	(136)
第三节 旱地小麦优质高产节水栽培技术体系	(147)
第四节 专用小麦化学调控体系	(157)
第七章 专用小麦优化种植模式	(164)
第一节 麦粮间套作	(164)
第二节 麦经间套作	(169)

第三节	麦菜间套作·····	(174)
第四节	条带种植·····	(179)
第五节	其它种植模式·····	(185)
第八章	专用小麦的环境胁迫对策·····	(192)
第一节	水分胁迫对策·····	(192)
第二节	低温胁迫对策·····	(196)
第三节	高温胁迫对策·····	(200)
第四节	生物胁迫对策·····	(204)
第五节	雪胁迫对策·····	(217)
第九章	专用小麦利用·····	(222)
第一节	专用小麦产业化·····	(222)
第二节	专用小麦综合利用·····	(225)
第三节	专用小麦精深加工·····	(232)
第十章	专用小麦区划·····	(242)
第一节	小麦品质区划的一般原则·····	(242)
第二节	中国北方专用小麦区划概述·····	(243)
第三节	山西省小麦品质生态区划·····	(249)
第四节	河南省小麦品质生态区划·····	(253)
第五节	新疆生产建设兵团小麦品质生态区划·····	(255)
第十一章	中国北方专用小麦良种简介·····	(261)
第一节	春播小麦·····	(261)
第二节	秋播小麦·····	(271)

CONTENTS

Preface

Chapter 1: The growing history and current status of special wheat in northern China	(1)
Section 1: Origin, evolution and distribution of wheat in northern China	(1)
Section 2: Status of northern wheat	(7)
Section 3: Evolution of the planting technique of northern wheat	(9)
Section 4: Evolution of northern wheat varieties	(13)
Section 5: Development of northern special wheat	(23)
Chapter 2: Wheat quality	(28)
Section 1: Introduction of wheat quality	(28)
Section 2: Formation of wheat quality	(33)
Section 3: Evaluation of wheat quality	(39)
Chapter 3: Types of special wheat	(50)
Section 1: Strong Gluten wheat	(50)
Section 2: Medium Gluten wheat	(53)
Section 3: Weak Gluten Wheat	(56)
Chapter 4: Special wheat breeding	(60)
Section 1: The basic breeding theory of special wheat	(60)
Section 2: The basic breeding approaches of special wheat	(68)
Section 3: The breeding achievements of special wheat	(80)
Section 4: The propagation of special wheat	(86)
Chapter 5: Effect of environmental and ecological factors on wheat quality	(98)
Section 1: Regional difference of wheat quality	(98)
Section 2: Effect of natural ecological factors on wheat quality	(108)
Section 3: Effect of artificial ecological factors on wheat quality	(119)
Chapter 6: Special wheat cultivation	(127)
Section 1: Optimal cultivating technical system of autumn-sown wheat	(127)
Section 2: Optimal cultivating technical system of spring-sown wheat	(136)
Section 3: High-quality, high-yielding and water-economical cultivating technical system of dry wheat	(147)
Section 4: Chemical regulation system of special wheat	(157)
Chapter 7: Optimal cultivating system of special wheat	(164)
Section 1: Intercropping between wheat and other cereal crops	(164)
Section 2: Intercropping between wheat and economic crops	(169)
Section 3: Intercropping between wheat and vegetables	(174)

Section 4: Band planting	(179)
Section 5: Other planting patterns	(185)
Chapter 8: Countermeasures to environmental stresses of special wheat	(192)
Section 1: Water stress and countermeasures	(192)
Section 2: Hypothermia stress and countermeasures	(196)
Section 3: Hyperthermia stress and countermeasures	(200)
Section 4: Biological stresses and countermeasures	(204)
Section 5: Snow stress and countermeasures	(217)
Chapter 9: Utilization of special wheat	(222)
Section 1: Industrialization of special wheat	(222)
Section 2: Comprehensive utilization of special wheat	(225)
Section 3: Deep processing of special wheat	(232)
Chapter 10: Regionalization of special wheat	(242)
Section 1: The principle of regionalization of special wheat	(242)
Section 2: The brief introduction of regionalization of special wheat in northern China	(243)
Section 3: Wheat regionalization in Shanxi Province	(249)
Section 4: Wheat regionalization in Henan Province	(253)
Section 5: Wheat regionalization of Xinjiang Construction Corps	(255)
Chapter 11: The brief introduction of special wheat varieties of northern China	(261)
Section 1: Spring-sown wheat	(261)
Section 2: Autumn-sown wheat	(271)

第一章 中国北方专用小麦种植历史与现状

第一节 小麦起源、演化和在中国北方的传播

一、小麦属的分类

从16世纪,学术界就已经开始对小麦属中的物种及分类体系进行研究,随着遗传学、细胞学、育种学等学科的发展,小麦属的分类也不断发展。目前较为普遍的分类体系有两种:一是按比较形态学进行分类;二是按染色体组进行分类。比较形态学分类的出发点是一个种(species)具有基本一致的独特形态特性,有种内多样性,有一定的分布区。优点是可从形态上辨认各个种;缺点是种的划分过细,有时种与种之间只有一两个形态特征的差异。染色体组分类的出发点是一个种具有完全相同的染色体组。优点是能反映种的遗传本质;缺点是不能区分带有同样染色体组的野生型和栽培型。

金善宝等根据以前的小麦属内分类的方法,将形态分类与染色体组分类相结合,提出了将小麦属分为5系22个种。

表1-1 小麦属(*Triticum* L.)的分类(金善宝,1996)

系	染色体组	类型	种	
一粒系 <i>Einkorn</i>	A	野生 野生 带皮	<i>T. urartu</i> Tum. <i>T. boeoticum</i> Boiss <i>T. monococcum</i> L.	乌拉尔图小麦 野生一粒小麦 栽培一粒小麦
二粒系 <i>Emmer</i>	AB	野生 带皮 带皮 带皮 带皮 裸粒 裸粒 裸粒 裸粒 裸粒 裸粒 裸粒	<i>T. dicoccoides</i> Koern. <i>T. dicoccum</i> Schuebl. <i>T. paleocolchicum</i> Men. <i>T. ispahanicum</i> Heslot. <i>T. carthlicum</i> Nevski. <i>T. turgidum</i> L. <i>T. durum</i> Desf. <i>T. turanicum</i> Jakubz. <i>T. polonicum</i> L. <i>T. aethiopicum</i> Jakubz.	野生二粒小麦 栽培二粒小麦 科尔希二粒小麦 伊斯帕汗二粒小麦 波斯小麦 圆锥小麦 硬粒小麦 东方小麦 波兰小麦 埃塞俄比亚小麦
普通系 <i>Dinkel</i>	ABD	带皮 带皮 带皮 裸粒 裸粒 裸粒 裸粒	<i>T. spelta</i> L. <i>T. macha</i> Dek. et Men. <i>T. vavilovi</i> Jakubz. <i>T. compactum</i> Host <i>T. sphaerococcum</i> Perc. <i>T. aestivum</i> L.	斯卑尔脱小麦 马卡小麦 瓦维洛夫小麦 密穗小麦 印度圆锥小麦 普通小麦
提莫非维系 <i>Timopheevii</i>	AG	野生 带皮	<i>T. araraticum</i> Jakubz. <i>T. timopheevii</i> Zhuk.	阿拉拉特小麦 提莫非维小麦
茹科夫斯基系 <i>Zhukovskiy</i>	AAG	带皮	<i>T. zhukovskiy</i> Men. et Er.	茹科夫斯基小麦

二、小麦的起源

根据古生物学家、植物学家、考古学家、遗传学家等多年研究和鉴定,对于小麦起源有了基本一致的看法。小麦是驯化最早的物种之一,可追溯到1万年以前近东地区的“新月沃土”地带,小麦栽培种由野生物种进化而来的,野生种具有坚韧的花序轴,籽粒被包被在穗中直到收获,经过漫长的选择,逐渐分化出栽培种。多数学者认为,公元前8000多年前,古代人类就开始采集野生一粒小麦(*T. boeoticum*)做为食物,大约在公元前7500年到公元前6750年,出现了穗轴坚硬的栽培一粒小麦(*T. monococcum*),并且逐渐取代了前者。到公元前7000年前后,栽培一粒小麦和栽培二粒小麦(*T. dicoccum*)已在近东地区迅速传播开来,并且栽培二粒小麦成为早期农业最主要的谷类作物。

考古历史提示,原始人类文化遗产中,年代最早的小麦遗物出现在伊拉克一带,继而在埃及,以后才出现在欧洲。考古学者在叙利亚北部幼发拉底河东岸的Tell Mureybit处遗址发掘出公元前7500年前的炭化麦粒,经鉴定是野生一粒小麦的变种。在伊拉克的Matarrah发现公元前6000年左右的栽培圆锥小麦。在各地出土的考古文物中,有很多是公元前5000~4000年的小麦遗物,伊拉克的上幼发拉底—底格里斯哈拉费安区(Halafian Communities of the upper Euphrates—Tigris)出土有栽培圆锥小麦和栽培一粒小麦的残体。伊拉克Alluvial Plain出土有栽培圆锥小麦。埃及的Fayum、Merimble Beni Salame、EI Omari出土有栽培圆锥小麦与偶尔见到的密穗型小麦麦粒。欧洲多瑙河三角洲间黄土平原到莱茵河口一带出土有近似栽培圆锥小麦和栽培一粒小麦等遗物。在瑞士湖上居民遗址、法国、意大利北部、西班牙、英国、中欧与斯堪的纳维亚半岛出土有许多公元前3000年前的圆锥小麦和一粒小麦。

公元前2000~1000年左右,在欧洲地区阿尔卑斯山以北,斯卑尔脱型的普通小麦代替了栽培圆锥小麦。以后,斯卑尔脱小麦又被裸粒型的普通小麦所代替。

有一份表格详细列出了栽培小麦的起源时间和地点;10000年前,一粒小麦出现在土耳其;9000年前,巴尔干半岛出现一粒小麦,亚洲南部和西部出现了二粒小麦,叙利亚出现了面包小麦;8000年前,在伊朗、伊拉克、土耳其、希腊出现了面包小麦,在美索不达米亚同时出现了面包小麦和二粒小麦;7000年前,多瑙河、莱茵河流域,埃及、地中海分别有了一粒小麦、二粒小麦、面包小麦;6000年前,一粒小麦、二粒小麦、面包小麦分别分布到欧洲中、西部,亚洲局部,地中海盆地;5000年前,二粒小麦扩展到埃塞俄比亚、亚洲中部,面包小麦分布到印度河流域、中国、亚洲中部;4000年前,二粒小麦传到印度;300~100年前,面包小麦传到墨西哥、澳大利亚、美国、阿根廷、加拿大;目前,面包小麦遍及世界各地,一粒小麦和二粒小麦的野生类型和栽培类型也得以保存下来。

根据John Holden等报道,9000年前叙利亚已出现了面包小麦即普通小麦。A. M. Manion报道,六倍体的普通小麦可能起源于大约8000年前毗邻里海地区的四倍体小麦(*T. turgidum*)并带有二倍体种(*T. tauschii*)的遗传基础。颜济等介绍,在人类的栽培活动中,经自然与人工选择,培育出了众多的栽培一粒小麦品种与栽培圆锥小麦品种。当圆锥小麦在伊朗西北部及外高加索等地栽培后,与田间杂草*T. tauschii* var *strangulata*发生天然杂交,再经染色体天然加倍,形成六倍体的普通小麦,混杂在圆锥小麦中,经过人工选择培育后,形成了普通小麦。

长期以来,多数学者都认为人类最先得到的可能是包壳型的斯卑尔脱小麦,这种小麦先传入欧洲,经突变产生裸粒型的普通小麦。但一些遗传研究的考古资料显示,主要分布在欧洲的斯卑尔脱小麦可能来源于裸粒的普通小麦与包壳的二粒小麦的杂交渗入。20世纪50年代,发现分布在亚洲的斯卑尔脱小麦具有未改变的原始染色体组,其遗传特性也不同于欧洲的斯卑尔脱小麦以后,才又认为由原始的二粒小麦与节节麦合成亚洲斯卑尔脱小麦,再演化成为裸粒的六倍体小麦也是一种可能的途径。

裸粒的中国春同样含有非常原始的 ABD 三组染色体,因此由栽培的二粒小麦与节节麦直接合成普通小麦,如像中国春这样的白麦子复合群(white wheat complex),也是可能的途径。

也可能像木原均等用波斯品种的裸粒圆锥小麦与 *T. tauschii* 杂交合成普通小麦一样,由不同的裸粒品种的 *T. turgidum* 与 *T. tauschii* var. *strangulata* 杂交而形成裸粒型的普通小麦,也是一种可能的起源途径。

显然,六倍体的普通小麦是四倍体小麦与 *T. tauschii* 在从中东、中亚一直到中国的黄河流域中部的范围很大的共同分布区内,经天然杂交、染色体天然加倍而形成的。

在中国是否也是小麦起源中心之一这个问题上,在此主要引述颜济(1999)的观点。中国普通小麦的地方品种有许多不同于西方小麦的特性,如与黑麦杂交具有很高的亲和性,结实率高达90%以上,这是显著不同于西方普通小麦的性状之一。这一支特殊的东方普通小麦还含有 *rf1*、*rf2* 矮秆基因。原始的染色体结构表明它合成时间不久。如果这些六倍体小麦是在中国合成的,则在中国一定有与它的染色体组组成相一致的四倍体小麦与 *T. tauschii*。但到目前为止,尚未发现这样的四倍体小麦地方品种。中国的 *T. tauschii* 与中国的普通小麦 D 染色体组的分子遗传分析结果表明,它们之间也不完全相同。所有的普通小麦,包括中国特有的东方普通小麦的 D 染色体组都是来源于 *T. tauschii* var. *strangulatum*,而不是来源于中国分布的 *T. tauschii*。因此可认为,中国特有的东方普通小麦更可能也是从西方传入中国的。

分子遗传学测试结果表明,所有的普通小麦 D 染色体组都是来源于 *T. tauschii* var. *strangulatum*,而不是来自 *T. tauschii* 原变种。*T. tauschii* var. *strangulatum* 只分布在里海西南的伊朗北部以及外高加索两个分隔的分布区。Jaaska(1980)认为外高加索可能是普通小麦的起源地。西川等(1980)根据 α -淀粉酶同工酶的分析,认为普通小麦的带谱与伊朗的 *T. tauschii* 相同,而与外高加索的不同,因此伊朗北部才是普通小麦的诞生地。Lagudah 等(1991)、Dvorak 等(1997)、Ward 等(1998)的 RFLP 分析结果支持西川等的分析。其具体的起源地,颜济等认为在伊朗北部—里海西南岸的 *T. tauschii* var. *strangulatum* 分布区。

M. Tanaka(1959)和木原均(1965)认为波斯小麦是六倍体小麦 AB 染色体组的供体,他们是根据四倍体小麦不同种与粗山羊草杂交后杂种 F_1 可育花粉的多少提出此种观点的。但 Hillman(1972)认为,考古学证明易脱粒的四倍体小麦要比六倍体小麦晚得多,大约公元前7000年六倍体小麦就已存在,认为易脱粒的四倍体小麦不可能是普通小麦的供体。木原均用野生二粒小麦与粗山羊草合成双二倍体,其穗形很像斯卑尔脱小麦,因此认为野生二粒小麦参与了普通系小麦的形成。但是,野生二粒小麦和粗山羊草都具有穗轴易断和护颖木质化的特点,缺少普通系小麦具有的穗轴不自然断裂和护颖非木质化的基因。并且,即或这两个种天然产生了双二倍体,在野生条件下被人们发现和选中的机会也很少,所以原始的普通系小麦不可

能是由颖生二粒小麦而来的。二粒系小麦中栽培的带皮型有栽培二粒小麦、科尔希二粒小麦和伊斯帕汗二粒小麦。后者分布区很窄。仅分别见于格鲁吉亚西部和伊朗。栽培二粒小麦分布广,且常与粗山羊草混生,杂交的机会很多。B. L. Johnson 和 J. Brad 等根据种子蛋白和异过氧化物酶电泳分析结果认为,六倍体小麦 AB 染色体组的供体是栽培二粒小麦。

俄国学者根据籽粒麦醇溶蛋白免疫化学分析结果提出乌拉尔图小麦是二粒系小麦 A 染色体组的供体。通过比较形态学的研究,发现野生二粒小麦许多类型具有与乌拉尔图小麦相似的特点,如叶片上无毛。大量的免疫学方法和细胞学方法的研究也确证了乌拉尔图小麦参与了野生二粒小麦的形成。

B 染色体组的起源问题至今仍存在多种观点。许多研究者根据外部形态、核型、染色体配对、地理分布和核内 DNA 含量,推论拟斯卑尔脱山羊草是二粒系小麦和普通系小麦 B 染色体组的供体。E. R. Sears, M. Tanaka 根据合成的双二倍体(S^bS^bAA)的形态及染色体配对资料提出双角山羊草可能是 B 组的供体。还有学者根据核型、地理分布和染色体配对提议西尔斯山羊草是 B 组的供体。最近又有研究者根据合成的双二倍体(S^sS^sAA)的形态、生理特点及染色体配对等提议沙融山羊草是 B 组的供体。细胞质遗传的差异证明高大山羊草是二粒系小麦和普通系小麦细胞质的供体,因此有人认为 B 组染色体来自高大山羊草。至今,关于 B 组起源问题尚无统一认识。

三、小麦的演化

一般认为,小麦是由野生到栽培,由二倍体到四倍体到六倍体。一般来说,有以下几种途径:

(一) N. Feldman and E. R. Sears(1981)模式 一粒小麦 *T. monococcum* (AA)与拟斯卑尔脱山羊麦 *T. speltoides* (SS)天然杂交,形成提莫菲维小麦 *T. timopheevii* (AAGG);另一支是一粒小麦与斯氏山羊麦 *T. searsii* (S^sS^s)或近缘野生种天然杂交,形成二粒小麦(或圆锥小麦) *T. turgidum* (AABB),它再演化成二粒小麦变种 *T. turgidum dicoccum* (AABB),这是个四倍体变种,它再与二倍体的节节麦 *T. tauschii* (DD)天然杂交,就形成了六倍体的普通小麦 *T. aestivum* (AABBDD)。

(二) R. Baker(1970)模式 二倍体的野生一粒小麦 *T. boeoticum* (AA)有一支成为栽培一粒小麦 *T. monococcum* (AA);另一支与拟斯卑尔脱山羊草 *Ae. Speltoides* (BB)野生种杂交成为四倍体的野生二粒小麦 *T. dicoccoides* (AABB),再成为栽培二粒小麦 *T. dicoccum*,栽培二粒小麦可以发展成栽培硬粒小麦 *T. durum*。栽培二粒小麦与二倍体的 *Ae. Squarrosa* 野生种(DD)杂交,就成为六倍体的斯卑尔脱小麦 *T. spelta* 栽培种(AABBDD)和栽培的普通小麦 *T. vulgare* (AABBDD)。

(三) M. Feldman(1976)模式 野生二倍体一粒小麦 *monococum* (AA)通过引种驯化,成为栽培一粒小麦 *Einkorn* (AA);另外,野生一粒小麦经天然杂交和基因突变成为野生四倍体的二粒小麦 *T. turgidum* (AABB);栽培二粒小麦再经天然杂交和长期选择,最终演化成为栽培六倍体的斯卑尔脱小麦(AABBDD)和普通小麦(AABBDD)。

(四) 顾济(1999)的新见解 见图 1-1。野生的山羊草(*Aegilops speltoides*)在与 *T. monococcum ssp. urartu* 的共同分布区中,它们多次发生天然杂交,染色体天然加倍,形成

一些异源四倍体植物。在较古老的这样形成合成的四倍体中,多次与含有其它染色体组的近缘植物杂交,经过染色体的局部代换、重组及基因突变,使 *Ae. speltoides* 供给的 S 染色体发生了重要的变化而演化形成 B 染色体组。于是就形成 *T. turgidum* 的野生变种 *dicoccoides*,再经人工栽培,又经杂交、突变,在选择的作用下逐步形成形形色色的栽培四倍体 *T. turgidum* 的品种。在较晚近历史时期,同样野生的 *Ae. speltoides* 与 *T. monococcum ssp. urartu* 杂交,形成了新的四倍体种,即 *T. timopheevi* 的野生变种 *araraticum*。后经人工栽培与选育而形成 *T. timopheevi* 的栽培品种。经 Upadhyaya 与 Swaminathan(1963)的研究, *T. zhukovskyi* 可能起源于 *T. timopheevi* 与 *T. monococcum* 的杂种。从染色体形态学看, *T. zhukovskyi* 的三对带随体的染色体,有两对十分明显与 *T. timopheevi* 的两对一致,另一对与 *T. monococcum var. hornemanni* 的另一对染色体相似,它们染色体臂的比率很近似。

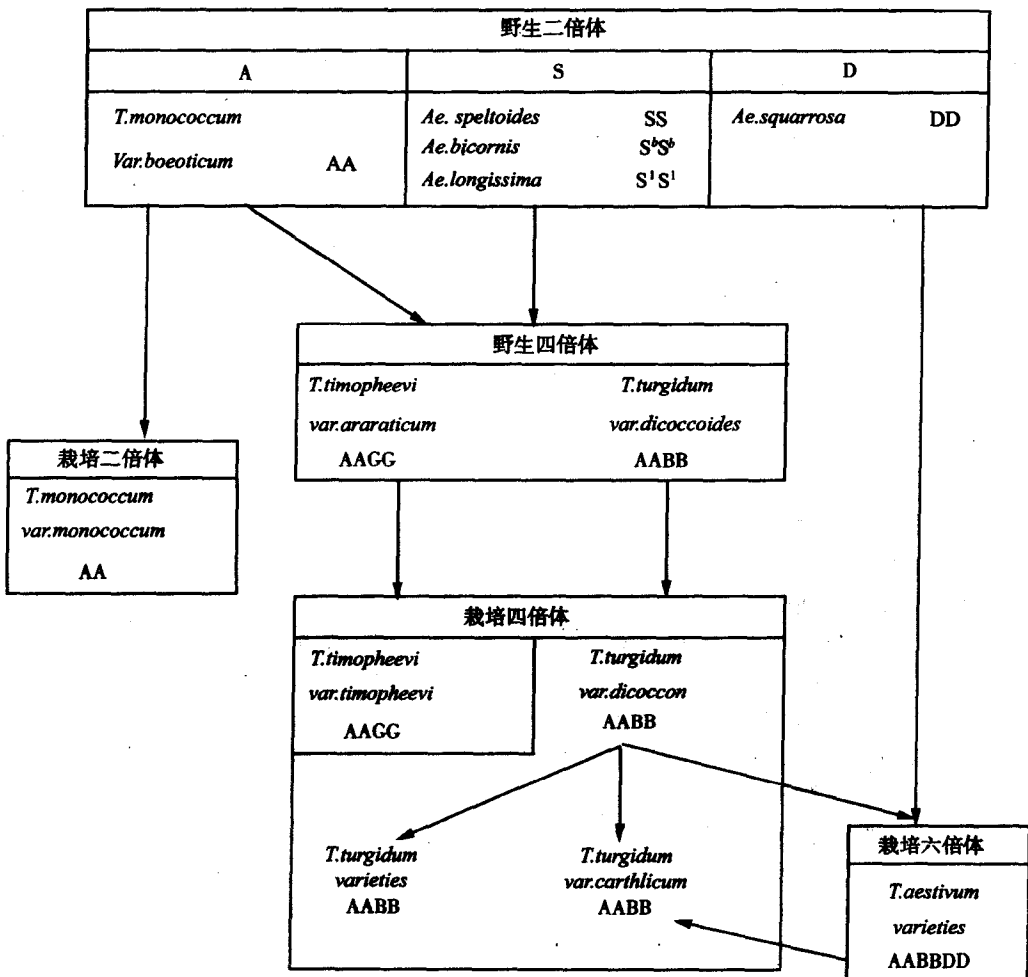


图 1-1 小麦演化关系新近见解 (颜济等, 1999)