

小麦

遗传改良与栽培技术研究

马香花 栗进朝 邢廷茂 主编



中原出版传媒集团 中原农民出版社

小麦遗传改良与栽培技术研究

马香花 栗进朝 邢廷茂 主编

中原出版传媒集团
中原农民出版社

图书在版编目(CIP)数据

小麦遗传改良与栽培技术研究/马香花,栗进朝,邢廷茂主编. —郑州:中原出版传媒集团,中原农民出版社, 2008. 9

ISBN 978-7-80739-316-0

I. 小… II. ①马…②栗…③邢… III. ①小麦—遗传育种—研究②小麦—栽培—研究 IV. S512.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 133843 号

出版:中原出版传媒集团 中原农民出版社

(地址:郑州市经五路 66 号 电话:0371—65751257

邮政编码:450002)

发行:全国新华书店

印制:河南省诚和印制有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:14.25

字数:323 千字

版次:2008 年 9 月第 1 版

印次:2008 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80739-316-0

定价:29.00 元

本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换。

《小麦遗传改良与栽培技术研究》

编 委 会

顾 问 王绍中

主 编 马香花 栗进朝 邢廷茂

副主编 周秋峰 王保林 位运粮 马巧云

廖先静 朱昌涛 董亚南 孙国生

陈 庆 张卫锋

编 者 (按姓氏笔画排序)

马巧云 马香花 王保林 邢廷茂

朱昌涛 孙国生 李 宾 位运粮

张卫锋 陈 庆 周秋峰 赵建国

栗进朝 黄长志 康明辉 董亚南

廖先静

前 言

小麦是我国的主要粮食作物,常年种植面积和总产量分别占粮食作物的 25%和 22%。我国作为世界第一小麦生产大国、消费大国和进口大国,小麦生产必须适应农业发展新阶段的客观要求。近年来,随着小麦育种、栽培科学研究和技术应用的不断发展,我国小麦生产的科研水平不断提高,理论研究更加深刻,研究方法和研究领域进一步拓宽,与小麦生产发展结合得更加紧密,小麦单产和总产持续增长,高产典型不断涌现。为了我国小麦生产持续快速发展,必须进一步提高良好种植环境下的生产力,但前提是不损耗今日与未来农业赖以生存的自然资源,不可能再靠扩大耕地来满足粮食的需求。我们需要资源利用率更高的新品种和科学的栽培技术来实现高产稳产,来解决粮食短缺问题。

鉴于此,我们根据近年来小麦研究的新成果、新技术、新经验,参阅有关技术资料,编写了《小麦遗传改良与栽培技术研究》一书。本书概括了 20 世纪末至 21 世纪初 20 多年来,我国小麦遗传育种、生物技术在育种中的应用、小麦优质高产栽培技术研究的最新成果等内容。书中理论联系实际,文字通俗易懂,既可作为农业技术人员和广大农民指导小麦生产的技术手册,也可作为研究和探讨的参考资料。

本书的编写得到了许多专家、同行的支持和帮助,在此一并致谢。由于时间仓促,加之编者水平和能力有限,疏漏之处,恳请读者多提宝贵意见。

编 者

2008 年 7 月 16 日

目 录

第一章 小麦遗传改良概述	(1)
第一节 国内外小麦生产概况	(1)
一、世界小麦生产简况	(1)
二、我国小麦生产及其地位	(2)
第二节 小麦遗传改良成就	(3)
一、世界小麦遗传改良成就	(3)
二、我国小麦遗传改良成就	(4)
第二章 小麦遗传资源	(6)
第一节 小麦的起源和进化	(6)
一、小麦的起源	(6)
二、小麦的进化	(7)
第二节 小麦分类	(9)
一、小麦属的分类	(9)
二、山羊草属的分类	(12)
第三节 小麦遗传资源	(12)
一、小麦品种资源的收集和鉴定	(12)
二、小麦品种资源的利用和发展创新	(14)
第三章 小麦遗传改良技术	(16)
第一节 杂交育种技术	(16)
一、品种间杂交	(16)
二、远缘杂交	(20)
第二节 杂种优势利用技术	(23)
一、杂种小麦研究概括	(23)
二、雄性不育性的类型及其利用	(24)
三、杂种优势在小麦育种上的利用途径	(24)
第三节 诱变育种技术	(28)
一、物理诱变剂及其处理方法	(28)
二、化学诱变剂及其处理方法	(29)
三、诱变处理后代选育	(30)
第四节 单倍体育种技术	(30)

一、单倍体的诱导和产生·····	(31)
二、花粉培养技术·····	(31)
三、染色体加倍与倍性鉴定·····	(33)
四、双单倍体在小麦品种改良中的应用机理和研究进展·····	(33)
五、小麦花药培养育种中的优点和存在的问题及对策探讨·····	(41)
第五节 群体改良技术·····	(43)
一、基础群体组建·····	(44)
二、轮回选择·····	(45)
三、改良群体·····	(46)
四、“矮败小麦”轮回选择育种技术在我国小麦新品种选育中的应用成就 ·····	(46)
第六节 生物辅助育种技术·····	(47)
一、转基因技术·····	(47)
二、分子标记技术·····	(50)
三、生物技术在小麦育种中的应用·····	(53)
第四章 小麦主要性状遗传改良·····	(57)
第一节 产量性状遗传改良·····	(57)
一、产量性状·····	(57)
二、栽培管理措施对小麦高产与超高产的调控效应·····	(59)
三、产量性状遗传改良的育种技术路线及提高小麦产量的有效途径·····	(67)
第二节 品质性状的遗传改良·····	(69)
一、我国发展优质小麦品种的意义·····	(69)
二、小麦品质性状·····	(69)
三、影响小麦品质的主要因素·····	(72)
四、小麦品质性状的遗传改良·····	(98)
五、国际及国内小麦品质改良的进展·····	(100)
第三节 抗病虫性遗传改良·····	(101)
一、抗病育种的病理学基础·····	(101)
二、小麦抗病育种的基本步骤·····	(103)
三、小麦抗病育种中的若干问题·····	(104)
四、我国小麦主要病害及其抗病性遗传改良进展·····	(105)
五、麦蚜抗性研究及抗蚜品种的选育·····	(110)
第四节 抗逆境性遗传改良·····	(111)
一、环境胁迫对小麦子粒产量与品质的影响·····	(112)
二、小麦冻害研究·····	(125)
三、抗逆性遗传改良进展·····	(131)
四、抗逆性育种方法·····	(133)

第五章 超级小麦研究进展	(135)
第一节 超级小麦概述	(135)
一、超级小麦的由来	(135)
二、超级小麦的概念	(136)
三、超级小麦的主要特点	(136)
第二节 超级小麦育种	(137)
一、育种目标	(137)
二、超级小麦育种的可行性分析	(137)
三、育种方法	(138)
四、发展超级小麦的重要意义	(139)
第三节 超级小麦的成就展望	(139)
一、我国超级小麦选育的成就	(139)
二、差距与展望	(140)
第六章 小麦主要栽培技术及其研究进展	(142)
第一节 优质专用小麦无公害生产基本要求	(142)
一、环境	(142)
二、农药	(142)
三、肥料	(142)
第二节 强筋小麦栽培技术	(143)
一、选用优质高产品种	(143)
二、培肥地力	(143)
三、播种技术	(144)
四、冬前管理	(146)
五、返青、起身期管理	(147)
六、拔节、孕穗期管理	(148)
七、后期管理	(148)
八、适时收获	(148)
第三节 中筋小麦栽培技术	(149)
一、品种的选择	(149)
二、整地与施肥	(150)
三、播种期的确定	(152)
四、播种量的确定	(153)
五、种子处理	(154)
六、田间管理	(155)
七、适时收获	(158)
第四节 弱筋小麦栽培技术	(159)

一、品种选用	(159)
二、适期适量播种	(159)
三、合理施肥	(160)
四、全程调控,科学管理	(160)
第五节 粮饲兼用小黑麦栽培技术	(160)
一、发展小黑麦生产的意义	(160)
二、发展小黑麦生产的前景	(161)
三、发展小黑麦的效益	(162)
四、小黑麦的关键栽培技术	(162)
第六节 蓝、紫(黑)粒小麦栽培技术	(163)
一、营养物质含量	(163)
二、特征、特性	(165)
三、主要品种及栽培技术	(165)
第七节 优质小麦高效间作套种栽培模式	(166)
一、小麦间作套种的原则	(166)
二、小麦间作套种主要模式	(166)
第七章 河南省小麦规模化综合配套生产技术	(173)
第一节 河南省小麦生产发展概况	(173)
一、河南省小麦栽培简史	(173)
二、河南省小麦生态条件	(173)
三、50 年来河南省小麦产量变化	(174)
四、小麦生产在河南省国民经济中的地位	(174)
第二节 河南省小麦规模化综合配套生产技术	(175)
一、选用优良品种	(175)
二、搞好麦播基础	(181)
三、培育冬前壮苗	(196)
四、搞好小麦春季管理	(203)
五、小麦后期管理	(210)
六、适时收获	(217)
第三节 河南省小麦超高产栽培技术	(218)
一、亩产 658.81 千克小麦栽培技术	(218)
二、亩产 717.2 千克小麦栽培技术(三优精准栽培模式)	(219)

第一章 小麦遗传改良概述

第一节 国内外小麦生产概况

一、世界小麦生产简况

小麦是世界上仅次于玉米的第二大粮食作物,全世界有 35%~40%的人口以小麦为主要粮食,在中国是仅次于水稻的第二大粮食作物。小麦是一种适应性广,生育期间自然灾害相对较少,产量比较稳定,并且可以充分利用冬、春季节增加复种,迅速提高单位面积总产量的作物。同时,小麦子粒含有较多的蛋白质,可作多种主食和副食的加工原料,也是一种营养价值高、比较耐储藏的重要商品粮食。

世界种植小麦的国家很多,但产量主要集中在中国、印度、美国、俄罗斯、加拿大、澳大利亚和阿根廷等国家,这 7 个国家小麦产量占世界总产量的 57%。在这 7 个国家中,中国是唯一总产量超过 1 亿吨的国家,位居世界第一,其次是印度、美国和俄罗斯。从各大洲的分布看,小麦生产主要集中在亚洲,面积约占世界小麦面积的 45%,其次是欧洲,占 25%,美洲占 15%,非洲、大洋洲和南美洲各占 5%左右,各洲小麦产量分布情况与面积比重大体一致。根据联合国粮农组织数据库统计,世界小麦常年产量为 5.8 亿吨左右,占谷物总产量的 28%。但近几年由于世界小麦种植面积减少,总产量呈下降趋势。据美国农业部统计,1998~1999 年度世界小麦产量为 5.89 亿吨,2002~2003 年度下降到 5.68 亿吨,5 年下降了 2 100 万吨,产量下降的主要原因是主产国小麦减产。总的来看,十几年来,世界小麦总产量有了较大幅度的增长,但各地区发展不平衡,发达国家和发展中国家差异较大,20 世纪 90 年代中期大都经历了一次产量高峰,之后有不同程度的回落,主产国的产量一般波幅较大。而世界小麦总产增加的主要因素还在于单产的大幅提高。

国家粮油信息中心杨卫路根据有关部门数据分析得出如下结论:世界小麦消费总量呈刚性增长趋势。1961 年全球消费量约为 2.33 亿吨,1997 年为 3.35 亿吨,1981 年为 4.45 亿吨,1991 年为 5.55 亿吨,2001 年为 6.60 亿吨,以每 10 年 1 亿吨的水平持续增长。而全球小麦的期末库存量则随着收成的丰歉而波动。近 10 年,全球小麦期末库存保持在 1.1 亿~1.3 亿吨,远低于 1985 年和 1986 年 1.7 亿吨的水平。2001 年世界小麦库存已经降到近 13 年来的最低水平。

转型国家东欧和苏联年人均消费小麦 262 千克,远远高于世界平均水平 100 千克,也高于发达国家水平 155 千克,发展中国家消费水平最低,年人均消费小麦只有 74 千克。中国年人均消费小麦为 92 千克,高于发展中国家的水平,略低于世界平均水平,但远远低于发达国家和东欧的水平。

世界小麦贸易量自 1981 年超过 1 亿吨以后,近十几年相对比较稳定,一直在 1 亿~1.2 亿吨徘徊。主要是因为一些传统的小麦进口国提高了自给率,从而降低了进口量,使世界小麦贸易量的增长受到制约。

全球小麦出口主要集中在美国、加拿大、澳大利亚和法国,这 4 个国家常年出口量为 7 500 万吨左右,占世界小麦贸易量(1.1 亿~1.2 亿吨)的 70%。其中,美国是全球最大的小麦出口国,年均出口量在 2 700 万吨,加拿大、法国、澳大利亚也是传统的小麦出口国,出口量一直稳定在 1 500 万~1 600 万吨,法国还是欧洲最大的小麦出口国。另外,这 4 个国家小麦出口量均超过其国内生产总量的 50%,澳大利亚和加拿大比例接近 80%,属于典型的小麦贸易出口国。

进口国主要集中在亚洲和非洲,南美和部分欧洲国家也有一些进口。仅亚洲进口小麦的国家就达 20 多个,年均进口量超过 100 万吨的国家就有 12 个。根据进口数量划分,意大利、巴西、日本和埃及小麦进口量都在 600 万吨左右,韩国进口量近几年保持在 400 万吨左右,菲律宾、印度尼西亚、巴基斯坦进口量也在 300 万吨左右,是世界主要的小麦进口国。中国曾经是世界第一小麦进口大国,常年进口量在 1 000 万吨左右,自 1998 年锐减,近两年进口量不足 100 万吨。

二、我国小麦生产及其地位

小麦是全世界分布范围最广、栽培面积最大、总产量最高、总贸易额最多的粮食作物。在我国有一半以上人口以小麦为主要食粮,每年约需 1 210 亿千克小麦,是仅次于水稻的第二大粮食作物。因此,小麦生产对中国的粮食保障起着十分重要的作用。我国小麦常年种植面积在 4 亿亩以上,约占粮食作物面积的 27%;总产量为 1 亿吨以上,约占粮食作物产量的 22%;其中,冬小麦面积约占小麦总面积的 85%,其产量约占小麦总产量的 89%。依据 1949~2000 年我国小麦种植面积、总产量和单产的动态变化(庄巧生,2003),总的来说,前 20 年的小麦种植面积起伏不定,一度下降,中间 10 年逐渐扩大,后 20 年在缓慢增长后为了适应种植业结构调整渐趋下落,至 2000 年已降到 39 980 万亩;就总产与单产而言,二者发展变化的趋势相似,都是前 15 年在低水平上徘徊起伏,中间 10 年中速增长,后 25 年则快速提高。1990 年以后,我国小麦播种面积降幅较大,但是由于单产提高,产量变化幅度不是很大。1996 年以后,小麦播种面积又很快得到恢复。1997 年小麦播种面积达到 45 090 万亩,接近 1991 年的 46 425 万亩的最高纪录,当年小麦总产量达 1.233 亿吨,创历史最高纪录,且首次超过需求量,小麦价格开始下跌,同时出现“卖粮难”的问题。1998 年我国小麦种植面积为 44 655 万亩,总产量为 1.125 亿吨,虽然减产,但仍为历史上第三个高产年。1999 年我国小麦产量为 1.15 亿吨,创历史第二高产。1995~1999 年,我国小麦年均产量为 1.12 亿吨。2000 年小麦产量为 9 963.6 万吨,预计 2001 年小麦产量为 9 392 万吨,两年减产总量已经接近 2 000 万吨。一直以来,尤其是 20 世纪 90 年代中期之前,中国内地小麦长期供不应求,是世界上主要的小麦进口国之一,常年进口小麦在 1 000 万吨左右,约占世界小麦进口总量的 10%,占全国小麦总供给量的 1/10,占全国小麦商品供应量的 1/4;20 世纪 90 年代中期之后,小麦进口数量有所减少,出口有所增加,只是波动较大,2002 年和 2003 年中国甚至变成了小麦的净出口国。这与我国小

麦产量的增加不无关系,因为从食品援助量来看,大多数年份(除了1999年和2001年外)的进口食品援助量不到当年进口总量的1%,出口援助量所占的比重更小。另外还与我国小麦品种结构的变动有关,我国现有小麦品种结构中,中筋品质类型偏多,而适合制作面包的强筋小麦和适合制作饼干、糕点等的弱筋小麦较少,即长期以来专用小麦一直处于供不应求的局面,主要依靠进口来弥补国内生产的不足。1998年以后,随着农业结构战略性调整的展开,小麦总体种植面积和产量虽有所下调,但专用小麦面积迅速增大,2006年全国专用小麦面积约为16 005万亩,占全国小麦总面积的46.8%,我国专用小麦的发展,在一定程度上抑制了小麦的进口。

从小麦的消费结构来看,主要有食用消费、种子用量、工业消费和饲料消费以及损耗,其中,食用消费比例最高。发达国家以及处于转型期的东欧食用比例只有50%左右,低于世界平均水平(71%);而作为饲料的比例较高,占1/3左右,高出世界平均水平(16%)近1倍。中国小麦消费量呈现微量增长态势,其主要原因也在于工业用小麦和饲料用小麦消费量的增加,人均小麦消费量增加,但食用比例降低,饲料用比例提高。

第二节 小麦遗传改良成就

一、世界小麦遗传改良成就

小麦起源距今已有1万多年了,随着人类文明的发展和演进,小麦生产也有了长足的发展。这种发展是采用改良品种和改进栽培措施相结合的结果,而小麦单产的提高则是由于小麦育种和改进农艺水平相结合的效应,其中最大的成就是耐寒性、抗病性、矮秆性及丰产性的选育。研究表明,小麦品种改良就可使小麦增产40%左右。因此,对小麦育种学科发展历史进行简单的回顾,将有利于我们进一步有效地利用当今科学发展中的新理论指导小麦育种研究,从而为小麦生产的持续稳定发展提供科学技术支撑和物质储备。

人类通过两种途径来提高小麦的生产力水平:一是品种遗传改良,二是改善小麦生长的农田环境条件。前一途径在小麦的增产中起了较大的作用。在小麦品种演变过程中,生物学与光合生理学性状发生着遗传改良。比较明显的是植株高度降低和收获指数增加,而生物学产量、产量构成因子并没有发生明显的改变,光合器官叶片细胞结构日趋复杂,但是单位叶面积光合性能并没有得到显著的提高,氮运转指数和氮素利用效率有增加的趋势。随着全球资源与环境的压力越来越大,小麦品种的遗传改良除了仍然以抗病、高产、优质为主要目标以外,利用现代生物工程技术进行抗性育种、抗旱生态育种、植物营养高效育种和高光效育种等将逐渐得到加强。小麦遗传改良的主要成就表现在优良品种在生产中的应用,优良品种是指在一定地区和耕作条件下能符合生产发展要求,并具有较高经济价值的品种。生产上所谓良种,应包括具有优良品种品质和优良播种品质的双重含义。优良品种在发展农业生产中的作用主要有:一是提高单位面积产量。在同样的地区和耕作栽培条件下,采用产量潜力大的良种,一般可增产20%~30%,有的可达40%~

50%，在较高栽培水平下良种的增产作用也较大。二是农产品品质。优质良种的产品品质显然较优。三是保持稳产性和产品品质。优良品种对常发的病虫害和环境胁迫具有较强的抗耐性，在生产中可减轻或避免产量的损失和品质的变劣。四是扩大作物种植面积。改良的品种具有较广阔的适应性，还具有对某些特殊有害因素的抗耐性，因此采用这样的良种，可以扩大该作物的栽培地区和种植面积。五是有利于耕作制度的改革、复种指数的提高、农业机械化的发展及劳动生产率的提高。

当然，优良品种的这些作用是潜在的，其具体的表现和效益还要决定于相应的耕作栽培措施。而且一个品种决不是万能的，它的优良表现也是相对的，因而育种工作不可能一劳永逸，它是随着生产发展和科技进步而不断前进的。

在小麦育种发展的过程中，多学科合作、多点试验、穿梭育种、国际种质资源的及时交流等都是有益的经验。从根本上看，将来小麦育种的加速发展则首先决定于遗传变异的有效开拓。现代小麦育种导致遗传多样性的降低，使得小麦品种遗传基础变得愈来愈狭窄，从而容易丧失抗病性，并限制了产量潜力的显著提高。因而除了运用现代遗传学理论指导小麦育种之外，更重要的是充分开发国内外小麦种质库的遗传变异、小麦外源种属的变异，增加小麦遗传的多样性，扩大小麦的遗传基础。

过去在小麦育种过程中仅是对主效基因控制的性状比较注意，而对微效基因控制的性状注意不够，可以通过轮回选择得以改良。对于产量性状的改良，应采用同步提高小麦的生物学产量和收获指数的策略，并通过小麦生理性状的研究加强小麦高光效育种和株型育种。在抗性育种方面，要注意抗病性与小麦丰产性、稳产性及品质的协调发展，同时适当协调广泛适应性与特殊适应性的关系。小麦子粒品质的改良将在未来的育种中占有较大的份额，在提高产量的同时，注意其营养品质、加工品质的改良。在进行小麦遗传研究的同时，应加强小麦育种技术的研究与创新，结合生物技术的推动力，使小麦在各个方面都能获得较大提高。可以肯定，小麦育种在不久的将来势必得到加速的进展，从而更进一步促进小麦生产的大幅度上升。

二、我国小麦遗传改良成就

我国小麦单产水平从 1949 年的 43 千克/亩提高到 2000 年的 249.2 千克/亩，选育和推广良种起了明显的作用。回顾 50 年来我国小麦品种演变的历史，不仅为生产提供了一批又一批优良新品种，在全国范围内实现了 4~6 次品种更换，也给育种技术积累了一些经验和知识。

在小麦生产上，20 世纪 50 年代前期地方品种占小麦播种面积的 80%，杂交育成品种和国外引进品种分别为 15% 和 5%；自 20 世纪 70 年代中后期以来，杂交育成品种占 91%，地方品种和引进品种分别占 5% 和 4%；20 世纪 50 年代初期，各地广泛开展了良种评选活动，鉴定、评选出大批分别适应不同地区栽培条件、产量性状较好的良种，为小麦品种的更换和开展育种工作奠定了基础。到 20 世纪 50 年代中后期，在大部分麦区的地方良种及其系选品种，在所适应的地域内基本上取代了古老的地方品种，如蚰子麦、平原 50、蚂蚱麦、成都光头等；至中后期主要推广品种有骊英 3 号、碧蚂 1 号、合作 2 号等；早期从国外引进品种及系选品种，如南大 2419、矮立多、中农 28、松花江 2 号、甘肃 96 等均得

到了迅速推广,并且分别取代了大部分地方良种及其系选品种。后来,由于小麦锈病生理小种的变化,导致原有品种抗锈性的丧失和增产潜力的局限性,使这批品种在 20 世纪 60 年代初又逐步被新育成和新引进的品种所取代。在 60 年代推广的品种中,有扬麦 1 号、济南 2 号、北京 8 号、甘麦 8 号、蚰包麦、阿勃、阿夫等。随着生产和育种工作的进一步发展,在 20 世纪 70 年代又推广了一批增产潜力更大的新的抗锈病品种。20 世纪 70 年代中后期发展到 5 000 万亩以上的有泰山 1 号;1 000 万亩以上的有丰产 3 号、博爱 7023、济南 9 号、繁 6、郑引 1 号等;其他大面积推广的品种还有泰山 4 号、农大 139、东方红 3 号、晋麦 2148、欧柔等。20 世纪 80 年代有百泉 3217、绵阳 11、辐 63、济南 13、豫麦 2 号、豫麦 7 号、鲁麦 1 号、西安 8 号、宁春 4 号等。庄巧生对 20 世纪 80 年代以来育成品种的系谱分析,有两批外引材料受到育种家的普遍重视。一类是以洛夫林 10 号为代表的带有 1B/1R 易位的“洛类”品种,不论南北和冬春季,各地都乐于用它们作杂交亲本并取得显著成效;另一类是墨西哥半矮秆品种,在北方冬麦区因不抗寒较少用作亲本,而在南方冬麦区和春麦区,特别是边远地区如宁夏、新疆、云南等地则广为利用,或作亲本或直接应用。我国小麦品种的演变反映了育种工作的进展和成就。20 世纪 50 年代初期主要是评选地方良种进行系统选种,以及引进国外良种进行鉴定试种。此后,随着育种机构的建立和育种队伍的扩大,小麦育种工作得到迅速发展,育成品种的数目也大为增加,推广面积随之相应扩大;而且育种方法也从简单的杂交逐步发展为阶梯杂交和复合杂交,在亲本选配和杂交方式上也越来越多样化。

纵观 50 年来我国小麦育种发展历程,育种单位迅速增多,育种方法逐步复杂化,育成品种综合性状日趋完善。与此同时,不同年代品种群体内的遗传多样性结构问题自然就备受关注,这有待于进一步研究。

第二章 小麦遗传资源

第一节 小麦的起源和进化

小麦遗传资源又称种质资源,我国俗称品种资源,是小麦育种的物质基础,也是其他农业科研的基础材料。小麦育种成效的大小,很大程度上取决于掌握种质资源的数量多少和对其遗传规律的研究深浅,掌握充足的遗传资源是保证小麦育种和生产持续发展的重要条件。小麦遗传资源包括当地和外来的地方品种、育成品种、有用的品系、稀有种、野生亲缘植物和特殊遗传材料,如古老的地方品种、新培育的推广品种、重要的遗传材料以及野生近缘植物,都属于遗传资源的范围。丰富多彩的种质资源在小麦产量、品质、抗逆性等的改良上,常起着关键性的作用。小麦遗传资源工作包括收集、保存、评价、创新和利用等环节,其中,收集和保存本地材料应放在首位,是利用的基础,而评价是利用的依据,创新是开拓新种质或创造更有利的原始材料。同时,小麦遗传资源还是研究小麦起源、进化和分类不可缺少的材料。从育种方面看,针对近期和中期育种目标而进行广泛收集和评价最为重要,育种工作的实质就是按照育种目标对各种各样的种质资源,以各种方式进行利用、加工和改造。本节主要对从小麦的起源进化、分类、收集、鉴定及创新利用等几个方面对小麦遗传资源进行论述。

一、小麦的起源

小麦在公元前 15 000~公元前 10 000 年起源于亚洲西南部。从地理学来看,现在占全世界栽培小麦 90%以上的普通小麦主要是集中在从阿富汗到高加索地区。其根据不仅是因为这些地区形成了遗传因子的中心地,同时这一地区也是古代连接欧洲及亚洲的陆地。

根据考古学研究结果,在 6 700 年前的伊拉克遗址中发现了和现在小麦特性差不多的古代小麦,同时,通过综合观察研究埃及 5 000~6 000 年前几处遗址的小麦及瑞士遗址还有尼罗河古墓变化等各种事例来看,推测小麦的起源应该是在公元前 15 000~公元前 10 000 年。我们国家根据历史记录曾在好几处发现小麦。一般认为,小麦系北从土耳其斯坦通过新疆,南经印度通过云南、四川省传入我国。

一般认为伊朗西南部、伊拉克西北部和土耳其东南部周围地区是栽培二粒小麦和提莫菲维小麦最早被驯化之地。以色列西北部、叙利亚西南部和黎巴嫩东南部是野生二粒小麦的分布中心和栽培二粒小麦的起源地。普通小麦常认为起源于里海的西南部。

在西亚和西南亚一带,至今还分布有野生一粒小麦,野生二粒小麦及节节麦。栽培小麦是人类对野生小麦长期驯化的产物,从新石器时代至今已有万年以上的历史。在伊朗

西南部,伊拉克西北部和土耳其西南部地区最早驯化了一粒小麦。在以色列西北部、叙利亚西南部和黎巴嫩东南部,是野生二粒小麦的分布中心和栽培二粒小麦的发源地。普通小麦的出现晚于一粒小麦和二粒小麦,它起源于里海西南部。据考古发现,中亚广大地区在史前原始社会居民点上残留着野生小麦与栽培小麦的实物。栽培小麦产生后,从西亚、中东一带向西传入欧洲和非洲,向东传入印度、阿富汗和中国,又经中国传入朝鲜和日本。15~17世纪,小麦传入南美洲和北美洲。18世纪传入大洋洲。至今,小麦分布十分广阔,北自北纬67°的北欧,南至阿根廷的南纬45°地区均有栽种。在世界各种农作物中,小麦的栽培面积和总产量均属第一位。

中国小麦栽培已有7000年的历史。在河南省陕县东关庙底沟原始社会遗址的红烧土上有麦类的印迹。在安徽省亳县钓鱼台新石器遗址发现了大量普通小麦子实。近年中国发现西藏高原存在普通小麦原始类型;新疆伊犁河谷分布有大片节节麦原始群落;黄河中游地区有节节麦散生于麦田中。这些都对于研究小麦的起源具有很重要的意义。

二、小麦的进化

(一)一粒系小麦基本染色体组A的进化

小麦属内具有A基因组的二倍体物种有3个:乌拉尔图小麦、野生一粒小麦和栽培一粒小麦,其中栽培一粒小麦为栽培带皮种。

野生一粒小麦和乌拉尔图小麦在其原产地中东地区常混生,二者在形态和生态环境上相似,但无天然杂交现象。可利用种间杂交、免疫学和同工酶分析等方法加以区分。同时,二者在核物质、细胞质上均存在差异。

现已基本确认,栽培一粒小麦是由野生一粒小麦进化而来。免疫学及同工酶和储藏蛋白分析皆已表明,栽培一粒小麦与野生一粒小麦具有很高的相似性,且其杂种后代高度可育。

(二)二粒系小麦的进化

1. 二粒小麦A染色体组的起源 比较形态学证实野生二粒小麦与乌拉尔图小麦具有很多相似特点,通过子粒麦醇溶蛋白及免疫化学分析,进一步确认了乌拉尔图小麦是二粒小麦A染色体组的供体。

2. 二粒小麦B染色体组的起源 该问题曾是一个研究的热点,但遗憾的是至今仍未形成一个定论。有人根据细胞质遗传的差异主张二粒系小麦和普通系小麦细胞质的供体来自山羊草属 *Sitopsis*,即B组的来源。综合前人研究,小麦B染色体组的起源有以下几种可能:①其初始供体物种可能已不存在;②其供体来源可能还未被发现;③其原染色体组与A组结合成四倍体后发生了DNA序列重排;④两个或两个以上山羊草种各自与A组结合形成异源四倍体,此后相互杂交,致使染色体组重新排列和组装而产生B染色体组。

3. 二粒系小麦细胞质的起源 对于如何确认具有A染色体的乌拉尔图小麦与具有B染色体组的野生山羊草属杂交,染色体加倍形成二粒小麦时的母本问题,S. S. Maan, H. Suemoto, K. A. Lucken等学者认为二粒系小麦细胞质的供体为山羊草属的山羊草。

4. 二粒系小麦的进化 乌拉尔图小麦具有A染色体组,山羊草属物种具有B或近似

B 染色体组,二者经天然杂交、染色体加倍后形成野生二粒小麦。很多学者认为,野生二粒小麦在栽培条件下,因穗轴坚韧和穗粒较大突变积累而成栽培二粒小麦。二者不仅外形相似,且其杂种花粉母细胞减数分裂过程正常。普遍认为,科尔希二粒小麦是由野生二粒小麦、伊斯帕汗小麦是由栽培二粒小麦突变而来。

一般认为硬粒小麦是由栽培二粒小麦演化而来的物种,在其进化过程中,通过逐渐积累穗轴坚韧和易脱粒等微小突变而形成。圆锥小麦在子粒粉质和形状上处于栽培二粒小麦与硬粒小麦之间,可能是由二者演化而来。波兰小麦是硬粒小麦护颖、种子、外稃延长并伴随护颖草质化的产物。东方小麦在形态、地理分布、生态特征、遗传学、细胞学及生物化学方面都与硬粒小麦相近,因此很多学者认为东方小麦是由硬粒小麦经过许多微小突变形成的。波斯小麦的穗型很像普通小麦,在其 5A 染色体上带有控制易脱粒和穗轴不易断的 Q 基因。对波斯小麦的起源一般有以下两种观点:一是由硬粒小麦或栽培二粒小麦突变而来;二是来自普通小麦与栽培二粒小麦的天然杂交。埃塞俄比亚小麦来自于北非的栽培二粒小麦,该物种植株较矮,茎秆细韧而有弹性,穗较小,成熟早。

(三)普通系小麦 D 染色体组的起源与进化

普通系小麦是异源六倍体,基因组为 AABBDD。1944 年木原均、1946 年 E. R. Sears 分别用二粒系小麦的不同种与粗山羊草的不同品系杂交合成了斯卑尔脱小麦,从而证明粗山羊草是六倍体小麦中 D 染色体组的供体。同时,普通系小麦的细胞质与二粒系小麦的相同,可以判断出普通六倍体小麦形成时粗山羊草是父辈供体,二粒系小麦是母本供体。

日本学者木原均查明栽培小麦的祖先是些微不足道的野生植物。一个祖先是一粒小麦(*T. monococcum*, AAGG),另一个是节节麦(*Aegilops squarrosa*, DD);还有一个是拟斯卑尔脱山羊草(*Ae. speltoides*)或其近似种(BB),先是一粒小麦与拟斯卑尔脱山羊草或其近似种杂交,形成一个杂种(AB),因是远缘杂交,杂种不育,但偶然情况下此杂种的染色体加倍成为 AABB,繁衍出二粒系,野生的二粒系小麦(AABB)与节节麦(DD)杂交,形成一新杂种(ABD),同样此杂种在偶然条件下染色体加倍,成为 AABBDD,此后就繁衍成普通系小麦即今天的栽培小麦。

部分学者指出,普通小麦的不同种间只有个别基因存在不同。其中,位于 5A 染色体上的 Q 基因决定易脱粒和穗轴坚韧的性状,2D 染色体上的 C 基因决定了穗密度,3D 染色体的隐性基因决定着圆粒性状。因此推测:斯卑尔脱小麦的 q 基因突变为显性从而产生普通小麦,普通小麦的隐性 c 基因突变为显性 C 可能产生了密穗小麦,普通小麦显性 S 基因突变为隐性 s 基因从而产生印度圆粒小麦。

(四)提莫非维小麦系 G 基因组起源与进化

提莫非维小麦的野生祖先阿拉拉特小麦具有 A、G 两个基因,而阿拉拉特小麦 A 基因组的供体是野生一粒小麦(W. Jaaska, 1980, Caldwell, 1978),G 基因组的供体是拟斯卑尔脱山羊草(H. L. Shands),根据正反杂交以及生物化学生化试验结果同时都证明拟斯卑尔脱山羊草是提莫非维小麦形成过程中的母体供体,亦是提莫非维小麦的细胞质来自拟斯卑尔脱山羊草。提莫非维小麦与栽培一粒小麦天然杂交及染色体自然加倍形成茹科夫斯基小麦。