

YU ZHONG XUE

U ZHONG XUE

ZHONG XUE

HONG XUE

ONG XUE

小麦育种学

吴兆苏 编著

农业出版社

小麦育种学

吴光苏 编著

农业出版社

小麦育种学

吴兆苏 编著

* * *

责任编辑 张兴瓚

农业出版社出版(北京朝阳区枣营路)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168mm32开本 12.75印张 1插图 310千字

1990年5月第1版 1990年5月北京第1次印刷

印数 1—1,100册 定价 9.95元

ISBN 7-109-01289-1/S·922

序



小麦为世界上分布范围和栽培面积最广、总产量最多、总贸易额最大、营养价值最高的粮食作物，其在我国的重要性仅次于水稻。60年代以来，世界和我国的小麦生产都得到显著的发展。我国的小麦单产和总产的增长率均高于世界各产麦国，从1983年开始我国小麦的总产已超过了美国 and 苏联，成为世界第一产麦大国。但是我国当前还是世界第二小麦进口国。世界和我国的小麦生产发展中，小麦的遗传改良起了很重要的作用。我国小麦育种的成就很大，经验也很丰富。但是我国小麦育种的效率和有关理论研究的广度和深度，与国外先进水平还有一定的差距。为了使我国小麦生产得到进一步的发展，为了提高我国小麦育种的理论水平和工作效率，很有必要对小麦育种及有关理论研究进行全面系统的总结，在总结我国经验和成就的同时，充分吸收国外的有关信息。吴兆荪教授编写这本《小麦育种学》正是适应这样的要求。

在此前我国出版的《小麦育种学》（李德炎主编，科学出版社，1976年出版），基本上总结了从50年代初到70年代初我国小麦育种的成就、经验和方法；但由于当时历史条件的限制，较少反映国外的有关信息。本书则进一步全面论述直到1988年初的国内外小麦育种的进展。在国外，七、八十年代也陆续出版关于小麦育种的专著，具有代表性的有匈牙利1976年出版的J. Lelley编著的《小麦育种的理论与实践》和美国1987年出版的E. C. Heyne主编的《小麦与小麦改良》。前者对小麦主要性状的遗传育种有较深入的论述，而对

育种的各種途徑與方法的介紹則較簡略。後者的小麥育種部分，只有幾篇關於途徑與方法的專題綜述，而缺乏關於性狀遺傳育種的篇章。與國外這兩本書相比，本書則取長補短，較全面系統地從各個角度作深入的論述。

本書作者在青年時期經受十幾年嚴格的國內外農業生物科學教育，具有堅實的基础科學知識和寬闊的知識面。他是我的老學生和長期學術助手，在協助我完成科研和專著編寫中，都作出了重要的貢獻。他所主持的小麥育種及有關研究大都富有開拓性，如南農大黑芒為我國較早通過種間雜交所育成的小麥推廣品種，中國小麥品種種子休眠特性及穗發芽性、小麥抗赤霉病基因庫建拓等研究論文在各有關國際學術會議中都得到廣泛重視。他所指導的許多研究生，分別在小麥遺傳育種各方面問題的探討中，大都有所發現和創新。結合科研和教學實踐，他堅持不斷地學習和查閱文獻，特別注意掌握國內外科學新信息，使其知識及時得到更新和不斷增長，因此他能夠順理成章地完成這本書的編寫。

本書結構周密，富邏輯性；內容豐富多采，論據確切；文字精練，深入淺出地論述小麥育種的原理與方法，充分反映國內外小麥育種及有關研究的新進展。本書必將有助於我國作物育種工作者，特別是小麥育種工作者增長有關知識，並從而得到启发；對於高等農業院校有關專業師生也具有重要參考價值。

中國農業科學院 金善寶

1988年7月2日

前 言



《小麦育种学》系农业出版社组织出版的《主要农作物育种学》系列书之一。作者于1984年接受本书的编写任务，1985年初着手编写，1988年初全部定稿，历时3年。

作者于70年代后期曾经担任全国高等农业院校试用教材《作物育种学》的总论及小麦育种的部分章节的编写，80年代初为南京农业大学作物育种专业本科生和研究生分别编写《小麦遗传育种专题》《和作物育种进展》两门课程的讲义，为本书的编写打下了一定的基础。在本书的编写过程中，进一步利用参加国内和国际的学术会议和学术交流的各种机会，更广泛地掌握和征集各有关文献资料，并组织各研究生分别按专题查阅整理直到1988年初出版的国内外书刊中的各有关报道。通过对稿件的反复修改和补充，力求使本书能较全面系统地总结国内外小麦育种的成就和经验，较深入地论述小麦育种的原理与方法，有重点地反映我国小麦育种及有关研究的主要成果，较充分地介绍国外小麦育种及有关研究的新动向。

本书共十五章，除第一章和最后一章分别概述国内外小麦育种的成就和展望外，其余各章依次分别论述小麦种质资源的研究利用、小麦育种的各种途径和方法、小麦育种目标性状的选育。在关于种质一章中，重点论述小麦种质资源的深入研究、创新及其有效利用问题。在常规育种方法论一章中，除系统论述小麦种内杂交育种各个环节外，特别广泛列举处理杂交后代的多种多样的方法。小麦花培育种在我国已取得显著成效，小麦的轮回选择在我国具有特别

有利条件，而且这两种途径都有其特殊效用和发展前途，因此在本书中加以分章论述。在小麦诱变育种、杂种小麦选育和远缘杂交各章中，分别全面论述国内外迄今所取得的主要成就和发展动向。在产量育种一章中，依次论述产量构成因素、矮秆性、收获指数、株型等的遗传育种及高光效育种问题。在抗病育种一章中，除了扼要论述小麦抗病性类型及鉴定方法、抗病育种策略外，特别深入论述三种锈病、白粉病及赤霉病的抗性遗传与育种。在抗逆性育种一章中，则分别论述小麦对旱、寒、湿、盐、铝及穗发芽的抗耐性的研究和选育问题。在品质育种一章中，较全面系统地论述小麦磨粉品质、食品加工品质及营养品质的各性状的鉴定、遗传及选育。鉴于小麦早熟性的重要性，我国在小麦早熟性育种及有关研究上所取得的显著成就，以及各国对小麦阶段发育特性遗传研究的深入发展，本书特别将小麦早熟性育种编写成一章，使各有关信息得到较充分的反映。此外，适应性和穗产性是作物育种的最基本目标，而国内外尚缺乏关于小麦适应性与穗产性研究的系统综述，在本书中有一章是对这方面的尝试。在本书所参考和引用的大量文献资料中，择其主要的参考文献分别附于各章之后，以便读者根据需要选读原文。

在本书编写过程中，得到业师中国农业科学院名誉院长金善宝教授的亲切关怀指导，全国小麦育种协作组学术领导者庄巧生教授和王恒立教授的促进，南京农业大学校长刘大钧教授的支持，国内友人中国科学院胡含教授、中国农业科学院董玉琛教授等，国际友人澳大利亚G. M. Bhatt博士、和R. A. McIntosh博士、美国V. A. Johnson博士、南斯拉夫S. Borojevic院士等，分别提供各自的论著及所收集的文献；南京农业大学博士研究生李祥义、陈绍军、蒋国梁、徐成彬、杨竹平、胡水金、刘仲齐等，硕士研究生鲍晓鸣、夏中华等，协助整理文献资料；有些教授和专家：南京农业大学盖钧镒、俞世蓉、魏燮中，南京大学王爵洲，中国农业科学院辛志勇，江苏省

农业科学院柳学余等，分别对一些章节的编写提供了有益的建议，均此表示感谢。

虽然作者尽力使本书符合出版者和读者所期望的标准和要求，但是由于作者的知识经验和一定的局限性，本书中难免有不妥及疏漏之处，欢迎读者批评指正。

南京农业大学 吴兆苏

1988年6月

目 录

◆ ◆ ◆ ◆ ◆ ◆ ◆ ◆

序

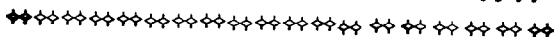
前言

第一章 小麦生产发展与小麦育种	1
第二章 小麦种质资源的研究与利用	8
第一节 种质资源的搜集和保存	8
第二节 种质资源的鉴定与评价	13
第三节 种质资源的创新	17
第四节 种质资源在育种上的有效利用	24
第五节 引种	28
第三章 小麦常规育种方法论	39
第一节 亲本的选配	39
第二节 处理杂交后代的基本方法	46
第三节 混合与系谱的结合法	50
第四节 改进系谱法	55
第五节 改进混合法	60
第六节 回交育种	63
第七节 双列选择交配法	67
第八节 加代与多点试验	69
第九节 早代性状选择与选系生产性能的测定	75
第四章 小麦的轮回选择与群体改良	82
第一节 轮回选择的基本原理	83
第二节 自花授粉作物的轮回选择	85
第三节 隐性雄性不育性在大麦和小麦轮回选择中的应用	89
第四节 显性雄性不育性在小麦轮回选择中的应用	94

第五章 小麦单倍体的诱发与应用	102
第一节 单倍体研究利用的发展过程	102
第二节 影响花培功效的因素	104
第三节 利用单倍体的主要途径	107
第四节 小麦单倍体育种的方法程序	109
第五节 小麦单倍体育种的成就与展望	114
第六章 小麦的诱变育种	120
第一节 小麦诱变育种的成就	120
第二节 诱变所改良的小麦性状	126
第三节 小麦诱变育种技术	130
第四节 诱变在小麦育种中的应用途径	135
第五节 诱变育种的发展趋势	139
第七章 杂种小麦的选育	145
第一节 杂种小麦的开发利用过程	145
第二节 产生杂种小麦的途径	148
第三节 细胞质雄性不育性与育性恢复性的遗传	151
第四节 T 型三系选育、组配及制种	157
第五节 其他细胞质体系的研究	164
第六节 核基因不育性利用的研究	168
第七节 化学药剂处理的途径	170
第八章 小麦的远缘杂交	179
第一节 小麦与其近缘植物的分类	179
第二节 小麦远缘杂交的困难与克服方法	184
第三节 小麦与异种属的染色体组的合成	187
第四节 转导外源基因于小麦	190
第五节 小黑麦	197
第九章 小麦产量育种	206
第一节 小麦产量的增长与产量潜力	206
第二节 小麦产量构成因素的选育	209
第三节 小麦矮化育种与矮秆性遗传	214
第四节 小麦生物学产量和收获指数的遗传改良	219
第五节 小麦的株型育种与高光效育种	222
第十章 小麦抗病性的研究与选育	235

第一节	小麦病害与抗病育种	235
第二节	小麦抗病性的类型与鉴定方法	239
第三节	小麦抗病性的遗传与育种策略	244
第四节	小麦抗锈病性的遗传与育种	249
第五节	小麦抗白粉病性的遗传与育种	266
第六节	小麦抗赤霉病性的遗传与育种	272
第十一章	小麦抗逆性育种	284
第一节	抗寒性	284
第二节	抗旱性	289
第三节	耐湿性	297
第四节	抗穗发芽性	299
第五节	耐盐性	302
第六节	耐铝性	305
第十二章	小麦的品质育种	317
第一节	小麦品质育种的意义与动向	317
第二节	小麦的品质性状及其鉴定方法	322
第三节	小麦品质性状的遗传及相关	328
第四节	小麦品质育种途径	336
第十三章	小麦发育特性与早熟性的遗传与选育	349
第一节	小麦的阶段发育特性及其遗传	349
第二节	小麦的早熟性及其遗传	353
第三节	小麦早熟性的选育	358
第十四章	小麦品种适应性与产量稳定性的选育	371
第一节	基因型与环境的互作与品种适应性及产量稳定性	371
第二节	品种稳定性的测定	374
第三节	小麦适应性与稳定性的选育	379
第十五章	小麦育种展望	389

第一章 小麦生产发展与小麦育种



小麦是世界上种植面积最大，总产量最高的粮食作物。据联合国粮农组织（1984）的统计，1980年小麦面积占谷类作物总面积的32.5%，其产量占谷类作物的28.1%，均居谷类作物的首位。小麦在全人类食品中，不但提供了最多的热量，而且提供了最多的蛋白质。据国际玉米小麦改良中心的估计，1979年世界小麦蛋白质总产量（44Mt），超过了当年世界肉类、蛋类及乳类的蛋白质总产量（43Mt）（Hanson等，1982）。而且，小麦具有其他谷物所欠缺的面筋，所磨成的面粉特别适于制面包和馒头，还可以加工成面条、糕点、饼干等多种食品，以满足人类不同的需要。此外，世界小麦贸易额超过了所有其他谷物的总和（Hanson等，1982）。在我国，小麦在粮食作物中的地位仅次于水稻。因此，小麦生产与世界人类和我国人民的经济生活的关系极为密切。

50年代以来，世界小麦生产发展很快。Woodhams（1980）指出，从1949年的不及160Mt到1978年的近450Mt，几乎增加了两倍，平均每年增长3.3%。在60年代中期以前的总产增加，在相当程度上由于面积的扩大和单产的提高，而在这时期以后的总产增加，则主要由于单产的显著提高。Briggle和Curtis（1987）进一步分析了1960—1985年世界小麦生产发展动态，指出：1984—1985年生长季的总产（510Mt）为1960年以来的25年间平均每年总产的一倍，而这样的增长主要是由于单产的提高（图1—1，图1—2）。

世界各国小麦生产发展进程有所差异。据Hanson等（1982）

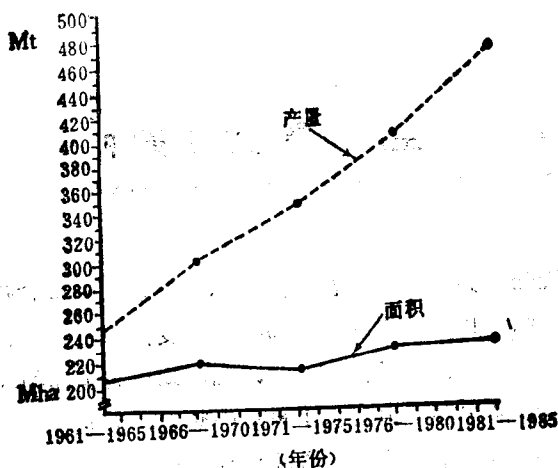


图 1-1 世界小麦总产量和总面积
(Briggle and Curtis, 1987)

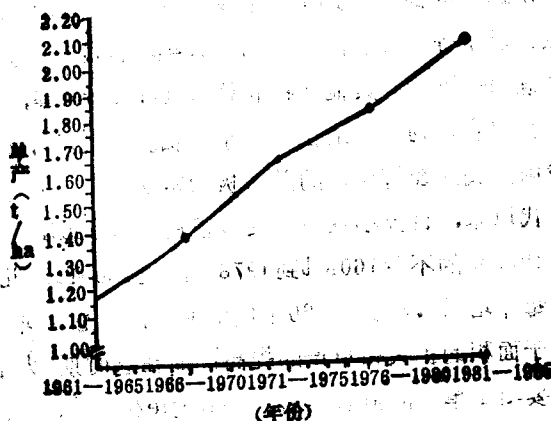


图 1-2 世界小麦单产 (t/ha)
(Briggle and Curtis, 1987)

的统计,从1960年到1980年之间,在几个主要产麦大国中,我国的小麦总产和单产每年分别递增6.1%和5.3%,递增率都是最大的;

印度总产和单产每年分别递增6.0%和3.2%，次于我国，法国分别递增3.4%和3.5%，美国分别递增3.0%和1.6%，加拿大分别递增2.4%和2.2%，苏联分别递增2.2%和2.5%，澳大利亚分别递增3.8%和0.5%。面积的每年递增百分率，澳大利亚和印度较大，分别为3.3%和2.8%，美国为1.4%，我国为0.8%，加拿大则仅为0.2%，法国为0%，面积保持不变，而苏联为-0.3%，面积略有递减的趋势。从这些国家的发展总趋势看，也说明了总产的增长大都由于单产的提高。据Klatt (1986) 的统计，我国在1980—1985年间小麦总产和单产的每年递增率分别为11.0%和10.0%，即比六、七十年代又进一步显著加大。从1983年开始，我国小麦总产已上升为世界各国的第一位 (Klatt, 1986; Briggie and Curtis, 1987)。

根据联合国粮农组织的统计，将1984年和1985年世界及主要产麦大国的小麦面积和产量列于下表。从表中可以看出，这两年的小麦总产，我国仍然超过了苏联和美国，居世界首位，小麦的收获面积，以苏联为最大，我国和美国分别居第二位和第三位，小麦的单产，以法国为最高，中国次之，美国居第三，在产麦大国中，法国

1984、1985年世界及主要产麦大国的小麦面积和产量

(FAO, 1985)

	收获面积 (kha)		单产 (kg/ha)		总产 (kt)	
	1984	1985	1984	1985	1984	1985
世 界	231526	233363	2259	2213	523165	516471
中 国	29579	28961	2969	2976	87822	86003
苏 联	51061	52000	1488	1635	76000	85000
美 国	27085	28148	2608	2818	70639	65831
印 度	24595	24838	1851	1852	45148	46000
法 国	5095	5181	6454	5597	32884	29000
加 拿 大	18158	18688	1611	1616	21199	22117
澳大利	12039	12010	1548	1336	18635	16050

的小麦面积虽然仅五百多万公顷，而其总产却居世界第五位，这是由于单产显著高于其他产麦大国；苏联的小麦面积虽然远大于我国和美国，而其单产偏低，因此其总产反而居第三位。今后我国小麦单产如能继续按前此的递增率上升，则总产完全可以进一步保持和发展为世界的领先地位。

世界小麦生产的发展，是结合采用改良品种和改进耕作栽培措施的结果，其中改良品种的作用往往是很显著的。在许多发展中的国家中，高产、半矮秆的改良品种的广泛推广，已经大幅度地提高了全世界的产量增长的遗传优势 (Dalrymle, 1986)。Lalley (1976) 指出，60年代初期全世界小麦面积的扩大首先证明了育种的成就，而平均单产的提高则由于育种和改进农艺水平相结合的效应，其中成效最大的是耐寒性、抗病性、矮秆性及丰产性的选育。由于抗逆性品种的选育和推广，可使种植面积得到扩大。如在苏联，春小麦已经向北扩展了三百多公里，在美国，冬麦区也已可以向北推移三百多公里 (Wittwer, 1981)。在我国，西藏地区原来没有冬小麦，50年代以来由于引进和选育冬性品种，很快地发展为春冬麦兼种地区；新疆地区原来是以春麦为主，也由于冬性品种的引进和选育，60年代以来已发展为以冬麦为主的冬春麦兼种区；这样，小麦面积都得到扩大，单产也得到提高 (金善宝, 1983)。

关于改良品种的推广在提高单产中所起的显著作用，各国的有关研究结果都提供了充分的证明。在英国，Silvey (1979) 的研究表明，1947—1977年间仅就品种改良一项措施就使英国小麦增产40%左右；Bingham (1978) 根据英国冬小麦新老品种在高肥条件下的比较试验结果表明，现代高产品种比老品种增产40—50%；Austin等 (1980) 对本世纪以来英国冬小麦产量的遗传改良效果的研究结果也表明，改良品种比老品种在高肥和低肥条件分别增产42%和39%。在美国，Duvick (1984) 指出，自从1980年以来，在小麦产量的提高中，50%或以上是由于品种的改良；Schmidt

(1984) 和 Peterson 等 (1985) 报道, 50% 和 40—55% 的增产是由于遗传改良。在我国, 吴兆苏和魏燮中 (1984) 对长江下游地区小麦品种更替中产量增长的研究结果表明, 70 年代以来推广的高产品种的平均产量比地方品种增长 50%。国内外其他有关的研究结果也都得出类似的结论。

小麦的品种改良对增产的作用, 除了提高其增产潜力外, 还表现在结合改良了影响产量及其稳定性的抗病虫害性和抗逆性。其中抗锈育种更是长期广泛地与产量育种结合进行的, 世界各国和我国的小麦产量得到较稳定地增长, 可以说是陆续育成和推广抗锈生产品种的效果。此外, 为了适应改善加工和营养品质的需要, 世界各国和我国也都先后加强了对加工品质和营养品质的选育, 并已取得了显著的成效。

今后小麦生产的进一步发展, 还可以通过两个途径来实现:

(1) 扩大种植面积, 和 (2) 提高单产。在扩大种植面积方面, 在适宜的耕种地区中发展的潜力很有限, 比较有希望的是向边缘的生产地区扩展 (Briggle and Curtis, 1987)。可通过选育具有特殊适应性的品种和发展相应的耕作栽培技术, 使小麦能适应不利的环境条件, 如酸性土壤、较炎热的地带等。如国际玉米小麦改良中心与巴西合作, 通过耐铝害的巴西小麦与抗病、高产的墨西哥半矮秆春小麦的杂交, 已育成了在巴西酸性土壤上比其原始品种增产一倍的少数品种。最近的事实还证明, 有可能选育具有较强耐热性和较短生育期以适应于较炎热地区的小麦品种。

在不久的将来, 小麦总产的增加还必须依靠单产的提高 (Johnson, 1982)。单产的提高, 除了通过改进农艺措施外, 还得通过选育更高产、抗病、抗逆的品种。尽管有些学者认为小麦产量正在接近高原, 甚至少数学者认为 1985 年已达到了高原; 但是更实际的估计是, 小麦育种家还没有充分利用普通小麦种内的遗传变异 (Briggle, 1982; Curtis, 1982; Johnson, 1982; Kronstad,

1986)。许多育种家越来越重视小麦种质库之间的互交，特别是冬春麦种质库之间的互交，更加广泛地利用来自世界各地的、差异大的种质之间的杂交。利用核雄性不育性，通过轮回选择以改良群体和建拓基因库的工作，也正在发展。通过种间和属间的杂交以扩大遗传基础的研究，也正在更加广泛而深入地开展。利用各种分带技术，凝胶电泳等染色体鉴定的新进展，连同种间的染色体交换有关方法的发展，对常规的小麦育种将作出很大的贡献。从有关的属中渗入个别基因和区段基因的把握性将不断增大。通过属间杂交及其他遗传工程技术以扩大小麦的遗传基础，将提供大幅度提高小麦产量潜力所需要的变异 (Briggle and Curtis, 1987)。遗传工程技术将补充而非取代常规的育种 (Curtis, 1982; Johnson, 1982)。

我国从50年代以来的小麦育种已取得了很大的成就，突出地表现在抗锈性、早熟性和丰产性的选育上，显著地促进了小麦生产的稳定而迅速的发展，1984年与1949年相比，面积扩大了37.5%，单产提高了3.6倍，总产增长了5.4倍，单产和总产的递增率和从1984年开始的总产都居于世界的首位。但是，现有的品种水平和单产水平与先进的国家及地区相比，还有一定差距。为进一步促进我国小麦生产的持续发展，小麦育种水平和效率尚有待进一步提高，即需要更加广泛而深入地搜集、鉴定筛选和研究利用国内外的各种种质资源，充分利用种内及异种属中的各种遗传变异及诱发变异，以发展和创造新的种质资源，并采取相应的快速有效的育种方法，以选育不同类型的更加高产、稳产、优质的新品种及杂种。加强小麦育种理论与方法的研究，将有力地促进小麦育种效率的提高。

主要参考文献

金善宝主编，1983，中国小麦品种及其系谱，农业出版社。

金善宝主编，1986，中国小麦品种志 (1962—1982)，农业出版社。