

YUMI YUZHONG XUE

玉米 育种学

第二版

刘纪麟 主编

YUMI YUZHONG XUE



中国农业出版社

C53.3
中华农业科教基金资助图书

玉米育种学

第二版

刘纪麟 主编

中国农业出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

玉米育种学/刘纪麟主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2001.8

ISBN 7-109-06913-3

I. 玉... II. 刘... III. 玉米-作物育种 IV. S513.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 037503 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 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 杨天桥

北京科技印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

1991 年 10 月第 1 版 2002 年 1 月第 2 版北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 35.5 插页: 6

字数: 812 千字 印数: 1~1 500 册

定价: 85.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

第二版前言

《玉米育种学》出版已经十年了。回顾过去的十年，改革开放日益深广，我们的祖国欣欣向荣；科学技术突飞猛进，特别是生物技术的快速发展，极大地促进了玉米育种学科的发展。突出表现在两个方面：

第一，以分子遗传学为核心，将生物技术用于玉米育种。从DNA重组和基因克隆技术发展起来的转基因育种技术，已成功地克服了物种间的生殖隔离，把外源基因转导入玉米，1990年以来，已育成一批转基因玉米投入大面积生产，起到了抗逆和增产效果。由DNA序列分析和基因组研究发展起来的分子标记技术已在玉米的基因定位、杂种优势研究、种质多样性分析以及目标性状辅助选择等方面开辟了广阔的应用前景。可以认为，转基因技术、分子标记技术与玉米常规育种技术的结合是玉米育种方法上的一次质的飞跃。

第二，玉米种质研究的深化和利用的多样化是玉米育种的一大进步。从地方适应种质到外来非适应种质，从窄基种质到广基种质，从普通种质到各类突变体种质，从单一玉米种质到异种重组种质；从一般群体到杂种优势群，从初级优势群到高级优势群，从现有杂种优势模式到创新杂种优势模式，这一发展趋势是对玉米种质认识上的不断深化和育种实践长期积累的结果。必须充分认识到：种质在玉米育种研究中始终是第一位的，方法和技术是第二位的。丰富的、多样的和有利基因频率高的种质是选育超级玉米杂交种的物质基础；利用和创新杂种优势模式是提高育种效率的关键。

可以预期，在新世纪中，分子育种技术将不断发展和完善，玉米种质将不断创新和多样化，两者交叉发展，又和常规育种技术渗透融合，最终，必将形成一个全新的玉米育种学科体系，创造出更强大、更完美的杂种优势，造福于人类。

值此新世纪之初，我和本书的全体作者通力合作，根据学科的发展趋势和我国玉米育种的现状，本着理论和实践并重的原则，在本书第一版的基础上改编修订成第二版。期望它对我国玉米育种和玉米生产能起到促进作用。

谨将本书献给新世纪中有志于发展玉米事业的同行们。并对在本书改编过程中提供资料、建议和帮助的单位 and 朋友们表示衷心感谢。

华中农业大学 刘纪麟

2000年9月20日于武昌狮子山

第一版前言

玉米是一个平凡而又奇特的作物。说它平凡，因为它常被人们称为“杂粮”，处于不受重视的地位；说它奇特，由于自20世纪30年代开始利用玉米杂种优势以来，造成了种子行业的兴起，推动了饲料工业和动物饲养业的发展，促进了传统种植业向现代农业的转化；由于40多年前的精湛研究，发现了玉米的转座因子，因而使麦克林托克（Barbara McClintock）获得了1983年诺贝尔医学奖。

玉米遗传育种是一门基础深厚而迅速发展的学科。玉米染色体组的10个连锁群已经确定，定位在染色体上的基因位点已超过170个，还在不断补充完善之中。其他如转座因子系统、细胞质遗传、B—A染色体易位体系等，在高等植物的遗传研究中都处于领先地位。在育种方法上，诸如自交系、各类杂种优势的利用，群体基因库的建立，轮回选择系统以及种子生产体系等，既有其自身的特点，也可供其他作物育种借鉴。因此，编写玉米育种学是很有意义的。

我受农业出版社的委托，约请了华中农业大学的几位教授专家编写本书。考虑到本书的主要读者是大专院校农学类和生物专业的师生、科学研究院（所）的作物遗传育种研究人员。在编写本书时，我们希望首先能提供较多的信息，因此尽可能地收集了国内外尤其是近十年的有关资料，希望把理论知识融合到育种实践中去，尽可能地汇集国内外玉米育种经验和作者个人的育种经验，不拘泥于文献资料之中。希望兼顾广度和深度，又能突出重点，因此在内容取舍上对基础理论知识、实用育种方法以及新的育种领域有所侧重。经过调整，本书共包括玉米的起源与进化等11章，其中属于基础理论知识部分的4章，属于育种内容的6章，属于种子生产的1章，另加附录。

国内外玉米育种的经验和研究成果非常丰富，但是，由于我们受能力和工作条件的限制，以及收集资料的困难，错误和缺点在所难免。我们愿本着学习的态度，欢迎广大读者提出批评和建议，以便再版时补充修正。

本书编写过程中，承蒙中国农业科学院作物育种栽培研究所玉米系等全国主要科研院（所）惠寄研究报告资料，承蒙吴绍骥、孙仲逸、郑长庚、陈启文、赖仲铭、冯光宇诸位教授专家提供口述的和文字的珍贵史料；书中图2-4、2-5、2-6由施政绘制，其余各章的插图由宋要武绘制，谨向他们表示衷心

的感谢。

值此改革开放的年代，谨以本书献给广大的为实现农业现代化、振兴中华而辛勤工作的农业和生物科学工作者。

华中农业大学 刘纪麟

1991年3月5日

目 录

第二版前言

第一版前言

第一章 玉米的起源与进化

第一节 玉米的分类学概况	1
一、玉米的近缘种	1
二、玉蜀黍属内的分类	2
三、玉蜀黍属的系统发生	4
第二节 玉米起源的理论假说	7
一、有稃玉米理论	7
二、共同祖先理论	7
三、“三成分”理论	8
四、野生玉米与多年生大刍草杂种理论	8
第三节 栽培玉米的进化	15
一、栽培玉米的分类	15
二、美洲玉米的迁移和演化	17
三、欧洲玉米引种的历史和类型的形成	19
四、我国玉米引种的历史及类型的形成	20
第四节 近缘亲属对玉米改良的贡献	21
一、大刍草的渐渗及其可能的用途	21
二、摩擦禾的利用	23
小结	24
主要参考文献	25

第二章 玉米植株的形态结构

第一节 玉米植株与株型	28
一、玉米植株	28
二、玉米植株的株型	28
第二节 玉米的根系	29
一、玉米根系的种类	29
二、根的结构和功能	30
第三节 玉米的茎	31

一、茎的形态与生长	31
二、茎的结构和功能	31
第四节 玉米的叶	32
一、叶的形态结构和功能	32
二、玉米叶片生长与其他器官的关系	33
第五节 玉米的花序	34
一、玉米的雄花序	34
二、玉米的雌花序	35
第六节 玉米的籽粒	35
一、受精与籽粒的形成	35
二、玉米籽粒的形态结构	35
主要参考文献	36

第三章 玉米的遗传学基础

第一节 遗传物质的分子基础	37
一、DNA 是主要的遗传物质	37
二、玉米基因的概念	38
三、基因的复制	38
四、基因的表达	39
五、基因表达的调控	39
六、基因的突变与交换	40
第二节 染色体形态	40
第三节 有丝分裂和减数分裂	42
第四节 整倍体与非整倍体	46
一、整倍体系列	46
二、非整倍体系列	48
第五节 染色体的结构变异	50
一、易位	50
二、倒位	51
三、重复	53
四、缺失	54
第六节 超数成分	56
一、异常 [#] 10 染色体	56
二、B 染色体	57
主要参考文献	59

第四章 玉米的性状遗传

第一节 基因定位及遗传连锁图	63
----------------	----

一、基因的命名	63
二、玉米基因的遗传连锁图	64
第二节 基因的效应	64
第三节 遗传体系——质量性状	66
一、籽粒的形状和质地	66
二、花青素及其有关的色素	68
三、叶绿素和类胡萝卜素	71
四、植株形状	73
五、叶角质层的蜡质	74
六、同工酶的变异性	74
七、核外遗传体系	75
八、籽粒的品质	77
九、转座因子及其遗传控制	79
第四节 数量性状的遗传	86
一、数量性状的遗传方式	86
二、数量性状遗传效应的分析	87
三、遗传力及其估算	91
四、配合力及其效应的估算	94
第五节 遗传分析方法	101
一、遗传结构和行为的研究	101
二、基因在染色体上的定位及其图谱的修订	103
三、玉米发育与进化的遗传研究	104
四、突变的研究	105
五、遗传精细结构的分析	106
六、基因的分子标记定位	107
主要参考文献	138

第五章 玉米杂交育种

第一节 玉米育种的历史与现状	141
一、美国玉米的育种历史与现状	141
二、中国玉米育种历史与现状	144
三、CIMMYT（国际玉米和小麦改良中心）的玉米育种研究简况	148
第二节 玉米育种的种质资源	150
一、美国玉米种质资源利用的状况	150
二、我国玉米种质资源	152
三、杂种优势群和杂种优势模式	155
四、扩大种质利用的途径	160
第三节 自交系性状的相关性和配合力	164

第四节 自交系的选育	165
一、对自交系性状的基本要求	165
二、选系的原始材料	166
三、选育自交系的方法	167
第五节 改良自交系的方法	177
一、回交法	177
二、配子选择法	179
三、聚合改良法	179
第六节 杂交种的选育	180
一、亲本自交系的选择	180
二、各类杂交种的选配	180
三、杂交种的区域试验、生产试验和审定	182
第七节 玉米育种的策略	183
一、认识玉米育种的特殊性	183
二、对育种目标的考虑	184
三、对选用育种原始材料的考虑	185
四、对育种方法的考虑	185
五、对分子生物技术在玉米育种中应用的考虑	187
附表 各国玉米主要杂种优势群和杂种优势模式	188
主要参考文献	195

第六章 玉米的轮回选择与群体改良

概述	201
第一节 数量遗传学基本概念	201
一、数量性状	201
二、数量遗传在育种中的应用	203
三、选择效果分析	203
四、选择响应	204
五、提高选择响应的途径	204
第二节 轮回选择的目标和基本程序	204
第三节 轮回选择的基本方法	205
一、混合选择法	206
二、半同胞选择法	206
三、全同胞选择法	207
四、自交后代选择法	207
第四节 基础种质和选择方法	208
第五节 轮回选择的遗传增益和改良效果	210
一、轮回选择的遗传增益	210

二、改良群体的产量和配合力	211
三、早熟性和适应性	211
四、品质改良	211
五、抗逆性	212
六、抗倒伏、耐密植和耐肥性	212
七、改良种质, 建立基因库	213
第六节 影响轮回选择法改良效果的因素	213
一、原始群体内的遗传变异性	213
二、性状的遗传力	214
三、选择强度	215
四、试验环境的控制	215
第七节 测验种的影响与选择	216
第八节 评价轮回选择的统计方法	219
主要参考文献	220

第七章 特用玉米的遗传与育种

第一节 特用玉米的分类和研究概况	221
一、普通玉米籽粒的营养成分及化学组成	221
二、特用玉米育种的分类和意义	223
三、特用玉米育种的研究概况	225
第二节 玉米品质性状的遗传	227
一、玉米籽粒油分的遗传	227
二、胚乳碳水化合物成分的遗传	229
三、籽粒蛋白质成分的遗传	232
四、籽粒高赖氨酸含量的遗传	233
第三节 高油玉米的育种原理和方法	237
一、高油玉米的育种目标和策略	237
二、高油玉米的种质改良和杂交种选育	238
三、高油玉米的“三利用模式”	239
第四节 甜玉米育种的原理和方法	240
一、甜玉米育种的资源和遗传分类	240
二、甜玉米的育种目标	241
三、甜玉米的育种方法	242
四、甜玉米育种中的几个问题	244
第五节 优质蛋白质玉米的育种原理和方法	246
一、优质蛋白质育种中的问题和解决途径	246
二、优质蛋白质玉米育种的种质资源和育种目标	247
三、优质蛋白质玉米育种的方法	248

四、优质蛋白质玉米育种应注意的问题	249
第六节 其他特用玉米育种的原理和方法	250
一、高直链淀粉玉米和糯玉米育种	250
二、爆裂玉米育种	252
主要参考文献	253

第八章 玉米雄花不育的遗传和育种

第一节 玉米雄花不育的基本概念和研究概况	257
一、玉米雄花不育的基本概念	257
二、玉米雄花不育的研究概况	258
三、玉米雄花不育的应用概况	259
第二节 玉米细胞质雄花不育的分类	259
一、恢复专效性分类的原理和方法	259
二、线粒体 DNA 的多态性与不育细胞质的分类	261
三、主要不育胞质类群的表现型特征	262
四、不育细胞质的进一步分类	263
第三节 玉米细胞质雄花不育的基础研究	264
一、玉米细胞质雄性不育的细胞学研究	264
二、玉米细胞质雄性不育的生理学研究	267
三、玉米细胞质雄性不育的分子生物学研究	270
第四节 细胞质雄花不育恢复性的遗传	272
一、T 型不育恢复性的遗传行为	272
二、S 型不育恢复性的遗传方式	273
三、C 型不育恢复性的遗传方式	275
四、部分恢复性的遗传控制	275
第五节 细胞质雄花不育的育种原理和方法	277
一、不育系和保持系的选育	277
二、恢复系的选育	279
三、雄花不育性育种的若干问题	281
第六节 细胞核雄花不育的研究与利用	283
一、利用细胞核雄花不育系的意义	283
二、利用 ms 核不育的原理和方法	283
三、创造基因工程不育的策略	284
四、环境与基因互作型雄性不育的研究进展	285
主要参考文献	285

第九章 玉米抗病育种

第一节 概述	290
--------------	-----

第二节 叶斑病	291
一、玉米大班病	291
二、玉米小班病	297
三、玉米圆斑病	301
四、玉米弯孢菌叶斑病	302
五、叶斑病的田间接种鉴定方法	303
第三节 茎腐病	304
一、病原菌的分布与特征症状	305
二、流行学	306
三、抗病性	306
四、抗病育种	307
五、接种与鉴定方法	307
六、主要茎腐病	308
第四节 穗粒腐病	312
一、危害性	313
二、重要穗腐病的症状与流行	313
三、抗病育种	314
四、接种鉴定方法	314
第五节 玉米丝黑穗病	315
一、病原菌	315
二、症状	315
三、病害循环	316
四、流行学	316
五、抗病育种	316
六、接种鉴定方法	317
第六节 玉米病毒病	317
一、玉米矮花叶病	317
二、玉米粗缩病	319
第七节 黄曲霉和寄生曲霉	320
主要参考文献	321
第十章 玉米抗虫育种	
第一节 概述	325
一、玉米的抗虫性	326
二、玉米抗虫性的研究内容和任务	326
三、玉米害虫的生物型	327
四、玉米抗虫性在综合治理害虫中的地位	329
五、玉米品种防治法的特点	330

六、采用玉米抗虫品种的经济效益	330
七、垂直抗性和水平抗性	331
八、玉米抗虫育种常用名词	332
第二节 玉米的主要害虫	333
第三节 玉米抗虫机制	334
一、玉米抗虫机制	334
二、研究抗虫性机制的试验方法	341
三、抗虫性机制小结	342
四、玉米抗虫性治虫所存在的问题	343
第四节 玉米抗虫性的遗传	343
一、概况	343
二、玉米抗虫性遗传方式	344
三、玉米抗虫遗传育种的基础	345
四、玉米抗虫性的质量遗传和数量遗传的研究方法	345
五、基因对基因学说	346
六、玉米抗虫性遗传的测交	347
七、玉米抗虫性的稳定性	347
八、玉米抗虫性丧失的原因	348
九、抗虫性表现与环境条件	348
第五节 抗源	349
一、寻找抗源	349
二、筛选与富集	349
第六节 筛选玉米抗虫性	350
一、饲养害虫群体和人工侵害	350
二、筛选鉴定玉米抗虫性的技术	354
第七节 鉴定玉米抗虫性技术	355
一、评价抗虫性标准	355
二、鉴定玉米资源的抗虫性	356
第八节 玉米抗虫育种方法	361
一、育种方法	362
二、玉米抗虫育种中的一些注意事项	364
小结	364
第九节 利用苏云金杆菌杀虫晶体蛋白抗虫的基因工程	366
一、BT 杀虫晶体蛋白质的研究进展	366
二、BT 杀虫晶体蛋白质	366
三、BT 杀虫晶体蛋白质基因	367
第十节 应用抗虫转基因玉米的问题	370
一、安全性问题	370

二、有效性及广谱性	372
三、害虫抗性的问题	372
主要参考文献	373

第十一章 玉米分子育种技术及应用

第一节 分子育种概述	376
一、分子育种的概念	376
二、分子育种的意义	376
三、玉米转基因技术概述	377
四、玉米分子标记技术概述	383
第二节 玉米转基因育种	384
一、基因枪转化玉米愈伤组织	384
二、根瘤农杆菌转化玉米愈伤组织	390
三、抗虫转基因育种	392
四、抗除草剂转基因育种	397
五、耐盐转基因育种	400
六、玉米抗病转基因育种	403
七、基因工程雄性不育育种	406
第三节 DNA 分子标记与玉米育种	409
一、高密度分子遗传图谱的构建	410
二、分子遗传图谱在玉米育种中的应用	412
主要参考文献	421

第十二章 玉米种子生产

第一节 玉米种子的类别、生产特点和任务	428
一、玉米种子的类别	428
二、玉米种子生产的特点	428
三、玉米种子生产的任务	429
第二节 玉米种子生产体系	429
一、玉米种子生产的遗传特点	429
二、我国玉米种子生产体系的建立与发展	430
三、玉米种子产业应具备的基本条件	431
第三节 玉米自交系的种子生产	431
一、玉米自交系基础种子标准	431
二、玉米自交系基础种子生产程序和方法	432
三、玉米基础种子保纯方法的改进	433
四、玉米基础种子生产的栽培技术	433
第四节 玉米商品杂交种子生产	435

一、玉米商品杂交种子的标准	435
二、玉米商品杂交种子生产技术	435
三、玉米商品杂交种制种高产技术	441
四、玉米商品杂交种子加工程序	443
第五节 玉米细胞质雄性不育杂交种子生产	447
一、玉米细胞质雄性不育杂交种的分类	447
二、建立细胞质雄性不育杂交种的种子生产体系	448
三、雄性不育胞质杂交种的种子生产技术	449
四、细胞质雄性不育杂交种子生产	451
第六节 玉米种子质量检验	452
一、种子质量的重要性	452
二、优质玉米种子的要求	453
三、玉米种子质量的等级和分级标准	453
四、玉米种子质量田间检验	454
五、玉米种子质量室内检验	456
六、种子质量检验证书签发	471
主要参考文献	472
附录一 玉米基因位点、名称及表现型	474
附录二 我国主要玉米杂交种概况	524
致 谢	548

CONTENTS

Chapter 1 Origin and Evolution of Maize

Maize Taxonomy	1
Hypothesis of Maize Origin	7
Evolution of Cultivated Maize	15
Maize Relatives	21

Chapter 2 Maize Morphology

Maize Plant	28
Maize Root	29
Maize Stem	31
Maize Leaf	32
Maize Flower	34
Maize Kernel	35

Chapter 3 Maize Genetics

Molecular Basis of Genetics	37
Chromosome Morphology	40
Meiosis and Mitosis	42
Euploid and Aneuploid	46
Mutation of Chromosome Structure	50
Supernumerary Elements	56

Chapter 4 Character Genetics of Maize

Gene Mapping and Genetic Linkage Map	63
Gene Effect	64
Genetic system of Qualitative Character	66
Genetics of Quantitative Character	86
Method of Genetic Analysis	101

Chapter 5 Hybrid Breeding of Maize

History and Actuality of Maize Breeding	141
Germplasm of Maize Breeding	150