



面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

作物育种学总论

张天真 主编
植物生产类专业用

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

作物育种学总论 / 张天真主编. —北京: 中国农业出版社, 2003. 2

面向 21 世纪课程教材

ISBN 7-109-08195-8

I. 作... II. 张... III. 作物育种 - 高等学校 - 教材 IV. S33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 110859 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: 傅玉祥

责任编辑 伍 斌

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/16 印张: 24

字数: 570 千字

定价: 33.70 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

目 录

绪论	1
第一节 作物进化与遗传改良	2
一、作物品种的概念	2
二、自然进化与人工进化	2
三、遗传改良在作物生产发展中的作用	3
第二节 作物育种学的发展	4
一、作物育种学的性质和任务	4
二、作物育种学的主要内容	4
三、常规育种的技术特点	5
四、作物育种学的发展与分子育种的兴起	5
第三节 作物育种的成就与展望	7
一、近代育种的成就	7
二、作物育种工作的展望	8
主要参考文献	9
第一章 作物的繁殖方式及品种类型	10
第一节 作物的繁殖方式	10
一、有性繁殖	10
二、无性繁殖	12
第二节 自交和异交的遗传效应	13
一、自交的遗传效应	13
二、异交的遗传效应	15
第三节 作物的品种类型及其特点	16
一、作物品种的类型	16
二、各类品种的育种特点	17
思考题	19
主要参考文献	19

第二章 种质资源	20
第一节 种质资源在育种上的重要性	20
一、种质资源是现代育种的物质基础	21
二、稀有特异种质对育种成效具有决定性的作用	21
三、新的育种目标能否实现决定于所拥有的种质资源	22
四、种质资源是生物学理论研究的重要基础材料	22
第二节 作物起源中心学说及其发展	22
一、瓦维洛夫的起源中心学说	22
二、Harlan 的有关作物起源的观点	25
第三节 种质资源的研究与利用	26
一、种质资源的类别及特点	26
二、种质资源的收集与保存	27
三、种质资源的研究与利用	32
第四节 电子计算机在种质资源管理中的应用	33
一、国内外植物种质资源数据库概况	33
二、种质资源数据库的目标与功能	34
三、种质资源数据库的建立	35
思考题	35
主要参考文献	36
第三章 育种目标	37
第一节 现代农业对作物品种的要求	37
一、高产	37
二、稳产	37
三、优质	38
四、适应机械化	38
第二节 制订作物育种目标的原则	38
第三节 作物育种的主要目标	39
一、高产	40
二、优质	42
三、稳产	42
四、生育期适宜	43
五、适应机械化需要	44
思考题	44
主要参考文献	44

第四章 引种与选择育种	45
第一节 引种和驯化	45
一、引种的意义	45
二、引种的基本原理	46
三、影响引种成功的因素	47
四、作物的不同类型引种后的 生长变化规律	49
五、引种的基本步骤	49
六、引种实践	50
七、植物驯化的原理和方法	51
第二节 选择育种	52
一、选择育种的基本原理	52
二、性状鉴定与选择	53
三、选择育种的程序	55
思考题	58
主要参考文献	58
第五章 杂交育种	59
第一节 杂交育种的意义	59
第二节 杂交亲本的选配	60
第三节 杂交技术与杂交方式	64
一、杂交技术	64
二、杂交方式	65
第四节 杂种后代的选择	68
一、系谱法	68
二、混合法	73
三、衍生系统法	74
四、单籽传法	77
第五节 杂交育种程序	77
一、原始材料圃和亲本圃	78
二、选种圃	78
三、鉴定圃	78
四、品种比较试验	78
五、生产试验和多点试验	78
思考题	79
主要参考文献	79

第六章 回交育种	80
第一节 回交育种的意义及遗传效应	80
第二节 回交育种方法	81
一、亲本的选择	81
二、回交后代的选择	82
三、回交的次数	84
四、回交所需的植株数	86
五、修饰回交育种方法	87
第三节 回交育种的特点及其应用价值	88
一、回交育种法的遗传特性	88
二、回交育种的其他用途	89
思考题	91
主要参考文献	91
第七章 诱变育种	92
第一节 诱变育种的成就及特点	92
一、植物辐射诱变育种的主要成就	92
二、诱变育种的特点	93
第二节 常用物理诱变剂及其 处理方法	94
一、物理诱变剂的类别与性质	94
二、物理诱变剂处理方法	100
第三节 化学诱变剂及其处理方法	103
一、化学诱变剂的类别与性质	104
二、化学诱变剂处理方法	104
第四节 诱变育种程序	106
一、处理材料的选择	106
二、诱变剂量的选择	107
三、处理群体的大小	107
四、后代种植和选择方法	107
第五节 诱变育种的发展	109
一、理化诱变剂的特异性	109
二、诱变剂的复合处理	110
三、诱变育种存在的问题及对策	110
思考题	112
主要参考文献	113

第八章 远缘杂交育种	114
第一节 远缘杂交育种的重要性	114
一、培育新品种和种质系	114
二、创造新作物类型	114
三、创造异染色体系	115
四、诱导单倍体	117
五、利用杂种优势	117
六、研究生物的进化	117
第二节 远缘杂交的困难及其克服方法	117
一、杂交不亲和性及其克服方法	117
二、杂种夭亡、不育及其克服方法	121
三、杂种后代的分离	123
第三节 远缘杂交育种的其他策略	124
一、品系间杂交技术	124
二、外源染色体导入	125
三、染色体片段的转移技术	126
四、体细胞杂交技术的应用	127
五、外源 DNA 的直接导入技术	127
思考题	127
主要参考文献	128
第九章 倍性育种	129
第一节 多倍体育种	129
一、多倍体的种类、起源及特点	129
二、人工诱导产生多倍体的途径	131
三、多倍体育种	134
第二节 单倍体育种	139
一、单倍体产生的途径	139
二、单倍体的鉴定	141
三、单倍体在育种上的应用价值	141
四、单倍体育种的主要步骤	142
五、单倍体育种成就	142
思考题	142
主要参考文献	142

第十章 杂种优势利用	144
第一节 杂种优势利用的简史与现状	144
一、杂种优势利用的简史	144
二、农作物杂种优势利用的现状	145
第二节 杂种优势表现特性	146
一、杂种优势的普遍性	146
二、杂种优势表现的复杂多样性	147
三、杂种优势的度量	148
四、 F_2 及以后世代杂种优势的衰退	148
第三节 杂种优势表现的遗传基础	149
一、杂种优势表现的遗传机理假说	149
二、杂种优势遗传机理假说的评价	151
第四节 杂种品种的选育程序	152
一、杂种优势利用的基本条件	152
二、亲本选配	153
三、配合力及其测定	156
四、杂种品种的亲本选配原则	158
五、杂种品种的分类	159
第五节 利用作物杂种优势的方法	160
一、人工去雄生产杂种种子	160
二、利用标志性状生产杂种种子	161
三、化学杀雄生产杂种种子	161
四、利用自交不亲和性生产杂种种子	162
五、 F_2 剩余杂种优势的利用	163
六、雄性不育性利用	163
思考题	163
主要参考文献	163
第十一章 雄性不育及其杂种品种的选育	165
第一节 雄性不育的遗传	165
一、质核互作雄性不育的遗传	165
二、核雄性不育的遗传	167
第二节 雄性不育的生物学特性	169
一、雄性不育的形态差异	169
二、雄性不育的细胞学特征	169
三、雄性不育的生理生化特性	171

第三节 核质互作雄性不育杂种品种的选育	172
一、不育系和保持系选育	173
二、恢复系的选育	175
三、杂种品种的选配	177
第四节 核雄性不育杂种品种的选育	179
一、核不育种质的获得及鉴定	179
二、光温敏核不育杂种品种的选育	180
三、核基因不育杂种优势利用	182
思考题	186
主要参考文献	186
第十二章 抗病虫育种	187
第一节 抗病虫育种的意义与特点	187
一、抗病虫育种的意义与作用	187
二、抗病虫育种的特点	188
第二节 作物抗病虫性的类别与机制	189
一、病原菌致病性及其变异	189
二、作物抗病虫性的类别	191
三、抗病虫性的机制	193
第三节 抗病虫性的遗传与鉴定	195
一、抗病虫性的遗传	195
二、基因对基因学说	196
三、抗病虫性鉴定	199
第四节 抗病虫品种的选育及利用	200
一、抗源的收集和创新	201
二、选育抗病虫品种的方法	201
思考题	206
主要参考文献	206
第十三章 抗逆性育种	208
第一节 抗逆性育种的意义和特点	208
一、作物逆境种类	208
二、抗逆育种的意义	208
三、抗逆育种的特点	209
第二节 抗旱性育种	210
一、抗旱性的含义	210
二、抗旱性鉴定技术和指标	210

三、抗旱品种的选育	212
第三节 耐盐性育种	212
一、耐盐性的含义	212
二、耐盐性的鉴定技术与指标	213
三、耐盐品种的选育	213
第四节 抗寒育种	214
一、抗寒性的含义	214
二、抗寒性的鉴定和鉴定指标	215
三、抗寒品种选育	215
第五节 耐铝性育种	216
一、耐铝性的含义	216
二、耐铝性的鉴定方法与指标	216
三、耐铝性品种的选育	217
第六节 耐湿性育种	218
一、耐湿性的含义	218
二、耐湿性的鉴定方法与指标	219
三、耐湿性品种选育	219
思考题	220
主要参考文献	220

第十四章 群体改良与轮回选择 221

第一节 群体改良的意义	221
一、创造新的种质资源	221
二、选育优良的综合品种	222
三、改良外来种质的适应性	222
第二节 群体改良的原理	223
一、Hardy - Weinberg 定律 (基因平衡定律)	223
二、选择和重组是群体进化主要动力	223
第三节 基础群体的建立	224
一、基础群体的选择	224
二、基础群体的合成	225
第四节 群体改良的轮回选择法	227
一、群体内遗传改良方法	227
二、群体间遗传改良方法	230
三、复合选择方案	232
第五节 雄性不育性在轮回选择中的应用	232
一、混合集团选系法	233

二、 S_1 选择	233
三、自交半同胞家系轮回选择	234
思考题	234
主要参考文献	235
第十五章 细胞工程与作物育种	236
第一节 植物的细胞和组织培养技术	237
一、培养基及其组成	237
二、培养基的配制	239
三、无菌操作方法	240
第二节 细胞和组织培养与作物育种	241
一、体细胞克隆变异及其育种利用	241
二、单倍体细胞培养及育种利用	245
三、幼胚培养与远缘杂交育种	250
四、种质的长期保存	250
五、脱毒及繁殖重要品种或材料	251
六、人工种子的生产	251
第三节 植物原生质体培养和体细胞杂交	252
一、原生质体的分离	252
二、原生质体培养	253
三、细胞融合 (体细胞杂交)	254
思考题	257
主要参考文献	257
第十六章 转基因技术与作物育种	258
第一节 作物的转基因技术	258
一、转基因技术的发展现状	258
二、转基因育种的程序	261
第二节 转基因作物的遗传特点	268
一、外源基因整合的机制	268
二、整合后的外源基因在植株体内的表现	270
三、外源基因在后代中的遗传规律	271
第三节 转基因作物品种的选育	272
一、转基因作物育种目标的制订	272
二、转基因方法的确定及转基因植株的获得	273
三、转基因作物品种的选育	273
第四节 转基因作物的生物安全性	275

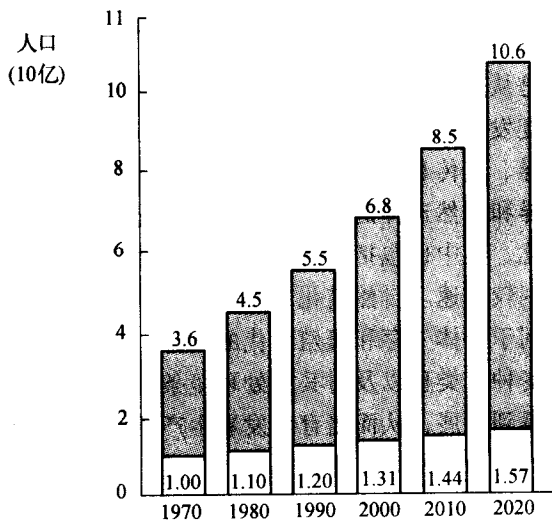
思考题	276
主要参考文献	276
第十七章 分子标记辅助选择育种	277
第一节 分子标记的类型和作用原理	277
一、分子标记的类型和特点	277
二、分子标记的原理和遗传特性	280
第二节 重要农艺性状基因连锁标记的筛选技术	287
一、遗传图谱的构建与重要农艺性状基因的标记	287
二、近等基因系的培育与重要农艺性状基因的标记	289
三、群体分离分析法与重要农艺性状基因的标记	289
四、数量性状基因的定位	290
第三节 作物 MAS 育种	291
一、作物 MAS 育种需具备的条件	291
二、MAS 育种方法	292
三、提高分子标记的筛选效率	295
思考题	297
主要参考文献	297
第十八章 作物育种的试验技术	298
第一节 作物育种的田间试验技术	298
一、田间试验设计技术	298
二、试验小区设计技术	298
三、不同育种阶段的试验技术	299
第二节 品种区域试验技术	303
一、区域试验的方法和程序	303
二、区域试验资料的统计分析	304
第三节 品种稳定性和适应性分析	310
一、品种和环境的交互作用	310
二、品种适应性和产量稳定性的参数估计	310
思考题	316
主要参考文献	316
第十九章 种子生产与管理	317
第一节 品种审定与推广	317
一、我国现行的品种审定组织体制和程序	317
二、日本国现行的品种登录制度	319

三、美国品种证明制度	320
四、欧洲各国品种管理制度	320
五、转基因品种的安全管理	320
六、品种推广	322
第二节 品种的混杂、退化及其防止	323
一、品种混杂退化的涵义和实质	323
二、品种混杂退化的原因及防止措施	324
第三节 种子生产	325
一、原种生产	325
二、良种生产	329
三、加速繁殖	332
思考题	332
主要参考文献	333
附录 I. 中华人民共和国种子法	334
附录 II. 中华人民共和国植物新品种保护条例	342
附录 III. 品种权申请请求书 (格式)	347
附录 IV. 农作物种子质量标准	353
作物育种专业术语中英文对照	358

绪 论

农业是国民经济的基础。新中国建立以来，我国粮食保持着 7% 的年增长速度，以世界 7% 的耕地生产了 24% 的粮食和养活了 22% 的人口。这是举世公认的伟大成就，它强有力地支撑了国民经济快速持续健康发展。我国人口基数大，总量增加趋势一时不可逆转。目前我国人口近 13 亿，按人均 400 kg 粮食计算，粮食总需求量将达 5 亿 t 左右，而 1996 年仅为 4.8 亿 t，需努力再上一个新台阶。人口增长与粮食生产矛盾将是相当长期、持续的。从长远看，我国人口在增加，随着国民经济发展，工业化、城镇化进程加快，城镇建设用地、工业用地的扩大，人均耕地等资源缺乏状况也将不可逆转，因此对粮食需求的增长趋势还会持续相当长的时间。此外，随着人民生活逐步向小康迈进，人们消费水平的不断提高，对农产品的需求将由单纯的数量目标转向量、质和多样化的多重目标。因此今后农业乃至整个国民经济长期发展中的一个首要的基本问题是满足庞大的人口对农产品数量和质量日益增长的需求。

从全球看，联合国粮农组织 2002 年 10 月 15 日发表的报告指出，全世界有 8.4 亿人吃不饱饭，每天有 2.5 万人口直接或间接死于饥饿，其中 2/3 是儿童。世界人口的迅猛增加，尤其是发展中国家人口增加（图绪-1）的压力对农业生产、新品种的要求也愈来愈高。解决这一突出矛盾的根本出路在于依靠科学技术，保证世界农业的持续稳定发展。



图绪-1 世界人口变化及其预测图
(黑色为发展中国家；白色为发达国家)

发展作物生产，提高作物生产水平，基本上是通过作物的遗传改良和作物生长条件的改善两个相互结合的途径来实现的。前者属于作物育种学所研究的内容，后者则主要属于作物栽培学所涉及的范畴。本教材全面系统地介绍作物育种的基本原理和方法。

第一节 作物进化与遗传改良

一、作物品种的概念

作物品种 (variety) 是人类在一定的生态条件和经济条件下，根据人类的需要所选育的某种作物的一定群体；这种群体具有相对稳定性的遗传特性，在生物学、形态学及经济性状上的相对一致性，与同一作物的其他群体在特征、特性上有所区别；这种群体在相应地区和耕作条件下种植，在产量、抗性、品质等方面都能符合生产发展的需要。作物品种是人工进化的、人工选择的，即育种的产物，是重要的农业生产资料。作物品种也有其在植物分类学的地位，属于一定的种及亚种，但不同于分类学上的变种。变种是自然选择、自然进化的产物，一般不具上述特性和作用。英文术语 variety 兼具变种和品种的含义，为了避免混淆，近年有关文献中多用 cultivar (即 cultivated variety 栽培品种的合成术语)，专指品种，以有别于变种。每个作物品种都有其适应的地区范围和耕作栽培条件，而且都只在一定历史时期起作用，所以优良品种一般都是具有地区性和时间性。随着耕作条件及其他生态条件的改变，经济的发展，生活水平的提高，对品种的要求也会提高，所以必须不断地选育新品种以更替原有的品种。

作物品种除了纯系品种外，还有其他不同类型，如杂种品种、综合品种、无性系品种等。所有类型的品种都应具有上述的基本性能和作用。

二、自然进化与人工进化

现有的各种各样植物都是从原始植物演变而来的；现有各种作物，属于栽培植物，都是从野生植物演变而来的。这种演变发展的过程称为进化过程。所有生物，包括野生植物和作物的进化决定于三个基本因素，即变异、遗传和选择。遗传变异是进化的内因和基础，选择决定进化的发展方向。自然进化是自然变异和自然选择的进化。而人工进化则是人类发展生产的需要，人工创造变异并进行人工选择的进化，其中也包括有意识地利用自然变异及自然选择的作用。自然进化一般较为缓慢，而人工进化则较迅速。自然进化的方向决定于自然选择，而人工进化的方向决定于人工选择。自然选择使有利于个体生存和繁殖后代的变异，逐代得到积累加强，不利的变异逐代淘汰，从而形成新物种、变种、类型以及对其所处环境条件的适应性。人工选择则是人类选择所需要的变异，并使其后代得到发展，从而培育出发展生产所需要的品种。现代的作物品种是在自然选择基础上的人工选择的产物。所有作物都是起源于其相应的野生植物，经历了漫长的自然选择和人工选择的过程。野生植物经驯化成为作物，又从古老的原始地方品种经不断选育发展为现代品种。虽然人工选择的目标性状如涉及高产、优质等许多性状与自然选择的方向有不同程度的矛盾，但是自然选择的基本变异如生活力、结实性、对所处环境条件的适应性、对胁迫因素的抗耐性等，也都是人工选择的基本性状。因此，人工选择还不能脱离自然选择，而应协调其与自

然选择间的矛盾。现代人工选择的效率日益提高，主要是由于创造所需要的新变异和鉴定目标性状的方法及技术有了显著发展。

作物育种实际上就是作物的人工进化，是适当利用自然进化的人工进化，其进程远比自然进化为快。

三、遗传改良在作物生产发展中的作用

遗传改良就是作物品种改良。从野生植物驯化为栽培植物，就显示出初步的缓慢的遗传改良作用。现有各种作物，都是不同历史时期先后从野生植物驯化而来的。随着生产发展，人类发掘可供食用、饲用、药用及工业原料用的各种植物种类的工作一直在不断的进行，从而使作物种类不断得到丰富。近一二百年农业和农业科技发展中的现代育种技术、化肥和施肥技术、农药合成及灌溉技术对于农业生产发挥了重要作用。在作物生产中，新品种的应用、增施肥料、防治病虫害和改善管理等方面，品种的作用最大。据有充分科学根据的估算，新品种的应用在提高作物产量方面占40%。新中国成立以来，先后培育出41种作物的5000多个新品种、新组合，使我国农作物品种更换了4~5次，每更换一次，增产10%~30%。粮棉等主要作物良种覆盖率已达80%~90%。以水稻为例，从单季改双季、高秆改矮秆、常规稻改杂交稻这三段发展历史分析，这三项重大改革每项都离不开品种改良。迄今已推广杂交水稻累计达2.33亿hm²，增产粮食达3000多亿kg。从世界范围来看，第一次绿色革命的兴起与成功就得益于我国水稻矮脚南特、低脚乌尖以及小麦农林10号矮秆种质的鉴定及利用。可以相信，新品种的选育与推广仍将是我国21世纪现代农业发展的重要因素。

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：

1. 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10%或更高，在较高栽培水平下良种的增产作用也较大。1931—1980年世界主要农作物单产提高很快，尤其是玉米、水稻、高粱，单产增加了3~5倍（图绪-2）。

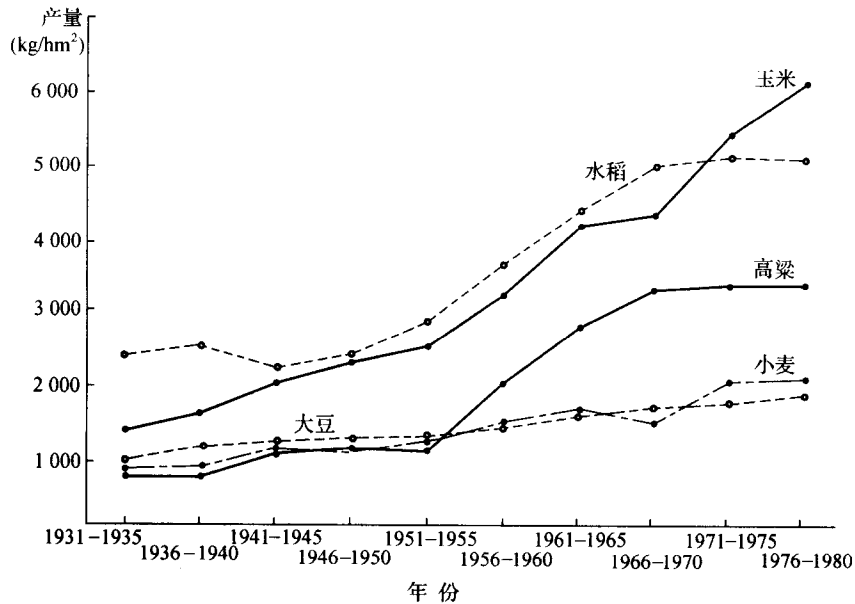
2. 改进产品品质 优质良种的产品品质显然较优，例如谷类作物籽粒蛋白质含量及组分、油料作物籽粒的含油量及组分、纤维作物的纤维品质性状等，都更符合经济发展的要求。

3. 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。

4. 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。

5. 有利于耕作制度的改良、复种指数的提高、农业机械化的发展及劳动生产率的提高 选用生育特性、生长习性、株型等合适的品种，可满足这些要求，从而提高生产效益。

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。而且一个品种绝不是万能的，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进展的。



图绪-2 世界主要农作物单产的变化图

第二节 作物育种学的发展

一、作物育种学的性质和任务

作物育种学是研究选育及繁殖作物优良品种的理论方法的科学。其基本任务是在研究和掌握作物性状遗传变异规律的基础上，发掘、研究和利用各有关作物资源；并根据各地区的育种目标和原有品种基础，采用适当的育种途径和方法，选育适于该地区生产发展需要的高产、稳产、优质、抗（耐）病虫害及环境胁迫、生育期适当、适应性较广的优良品种或杂种以及新作物；此外在其繁殖、推广过程中，保持和提高其种性，提供数量多、质量好、成本低的生产用种，促进高产、优质、高效农业的发展。

作物育种学是作物人工进化的科学，是一门以遗传学、进化论为主要基础的综合性应用科学，它涉及植物学、植物生态学、植物生理学、生物化学、植物病理学、农业昆虫学、农业气象学、生物统计与实验设计、生物技术、农产品加工学等领域的知识与研究方法。作物育种学与作物栽培学有着密切的联系，是作物生产科学的两个不可偏缺的主要学科。

二、作物育种学的主要内容

作物育种学的内容主要有：育种目标的制订及实现目标的相应策略；种质资源的搜集、保存、研究评价、利用及创新；选择的理论与方法；人工创新变异的途径、方法及技术；杂种优势利用的途径与方法；目标性状的遗传、鉴定及选育方法；作物育种各阶段的田间实验技术；新品