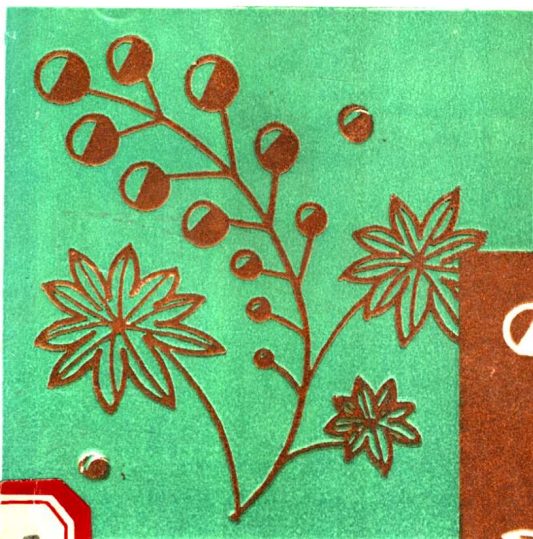


植物育种亲本选配的 理论和方法

Choice of Parents in Plant Breeding

张爱民 编著

张树榛 审订
郭平仲



农 业 出 版 社

植物育种亲本选配的 理论和方法

Choice of Parents in
Plant Breeding

张爱民 编著
张树榛 郭平仲 审订

农业出版社

(京)新登字060号

植物育种亲本选配的
理论和方法
Choice of Parents in
Plant Breeding

张爱民 编著

张树藩 郭平仲 审订

* * *

责任编辑 张本云

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)
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 9.5印张 235千字

1994年2月第1版 1994年2月北京第1次印刷

印数 1—630册 定价 12.40元

ISBN 7-109-02891-7/Q·176

谨以此书
纪念蔡旭教授诞辰80周年

序

正确选配亲本是杂交育种成败的关键，植物育种家对此都有深刻的体会，并在文献上做过经验性的阐述或总结。但在1986年以前许多欧美植物育种学专著并没有对这个在育种理论和实践上都是十分重要的问题进行专门论述。北京农业大学张爱民博士在为植物育种专业研究生讲授高级作物育种学课程期间，参阅了近30年来国内外有关亲本选配的文献资料，在原讲稿的基础上加以整理补充，写成《植物育种亲本选配的理论和方法》一书，这是一项很有意义的尝试。

本书以育种目标、性状遗传和亲本间遗传差异为主线，阐明亲本选配的原理、做法、预测和检验，计分九章。除第一章概述研究进展外，包括了八个方面的内容，依次为：育种目标、亲本性状及其遗传、亲子关系、亲本配合力、亲本间遗传差异、复合杂交的亲本选配、综合种的亲本选配和电子计算机在亲本选配研究中的应用。首先从确定育种目标开始，根据育种目标选择合适的亲本，继则了解目标性状的一般遗传规律，明确性状在亲子之间的相关关系，这样才有可能对亲本和组合做出客观评价和科学预测。但是亲本之间存在着配合力问题，优良品种不一定是优良亲本，因此选配亲本时还必须考虑亲本的一般配合力和相应组合的特殊配合力。而这两类配合力的表现又与亲本的总体遗传基础有关。配合力和杂种优势虽不是一个概念，却有密切的关系。不论是利用杂种第一代优势还是后代纯系，都要求杂交组合具有强大的优势，而优势大小则与亲本间的遗传差异息息相关。没有亲本内在的遗传差异就没有杂种优势。可以说，本书的前面五个部分是亲本选配的一般原理和要求，而第六、七两部分则是这些

原理在配置复合杂交和综合种上的应用。考虑到植物育种工作是在同一时期协调改良多个目标性状，这些性状大多是受多基因控制的遗传体系，它们的内在联系和上下代关系错综复杂，而且容易受到环境条件的影响，借助于计算机辅助系统和专家系统可使植物育种从设计、施工、预测到总结更加精确和现代化。因此，以电子计算机在亲本选配研究中的应用做为本书的结尾，也是借此机会提倡当代植物育种家要熟悉计算机技术，善于运用计算机来帮助自己解决植物育种中的一些实际问题和理论问题。

育种目标和亲本间的遗传差异是本书的重点章。前者要解决实际问题，后者还涉及基础理论。作者在第二章中用较大篇幅讨论了目标性状量化、调查数据标准化和不同性状权重的必要性和具体方法，在此基础上着重介绍了Grafius J. E. (1963、1964)关于亲本选择的向量分析法、Baker R. J. (1986)的回归分析法和Pederson D. G. (1981)的最小二乘法，其用意是使杂交群体的性状平均值与性状理想值呈最大相关或最小离差，从而得出各亲本对杂种后代群体贡献的最佳比例。作者在第六章中详细介绍了遗传差异的度量方法，并根据亲本间数量性状遗传距离的大小进行聚类分析，将亲本材料分别归入不同的类群。在一般情况下，类群内亲本遗传差异相对较小，类群间亲本遗传差异相对较大，因此，在类群间选择亲本进行杂交容易获得较大的杂种优势。当然，亲本间遗传距离也不是越大越好。为此，作者(1989)提出可根据平均遗传距离 m 及其标准差 s 把遗传差异分成若干个水平组别，并通过实例运算认为双亲遗传距离落在 $(m - \frac{1}{2}s) \leq D^2 \leq (m + \frac{1}{2}s)$ 和 $(m + \frac{1}{2}s) \leq D^2 \leq (m + \frac{3}{2}s)$ 这两个组内的杂交可望获得强优势组合。应该指出，根据遗传差异选配亲本只强调遗传差异相对较大的一间，没有体现育种目标对亲本选配的指导作用，而向量分析法和最小二乘法只注重按照育种目标选配亲本，没有考虑对亲本间遗传差异的度量。作者(1989)以通过杂交创造一个尽可能接近育种目标又具有较大遗传变异的分离群体

为出发点，用遗传距离 D^2 度量亲本间的遗传差异，用杂种群体性状平均值与育种目标值的加权离差平方和SSD的大小度量综合性状的优劣水平，提出了组合表现指数法 (cross performance index)，即 $CPI = \frac{D^2}{SSD}$ ，可以兼备二者的优点而补充各自的不足。

看来是可行的，因为CPI最大的组合必然是 D^2 最大、SSD最小的组合。作者曾采用此法对20个小麦单交组合进行了预测，结果和实际表现相当吻合。基于同一思路，Martynov S. P. (1991)也提出了双组分法 (two-component method)，并对12个春小麦杂交组合进行了分析，结果是可信的。可以说，二者是不谋而合，异曲同工的。

此外，本书还对配合力的遗传组成、配合力与杂种优势的关系、复合杂交中的配合力和亲本顺序效应，综合种的品种力，遗传距离的应用以及综合变量(如主成分等)在亲本选配研究中的运用等问题都进行了较详细的讨论。

本书的另一特点是各项参数的计算都附有实例，而且尽可能选用国内的资料，以便同行读者跟踪思索，深化理解。

总之，这是一本针对植物育种中的亲本选配问题进行比较系统和全面论述的好书。目前国内外还缺少这样的专著。它的出版必将给同行读者以新的启迪或借鉴，从而促使植物育种学向更深的层次发展。是为序。

庄巧生

1993年元月六日

前 言

亲本选配的研究在北京农业大学有很长的历史。蔡旭教授、张树榛教授等在1955、1957、1962先后发表的论文中，就阐述过亲本选配的原则、亲本与杂种后代间性状相互关系、杂种优势及亲本组合鉴定、复交中亲本的作用以及组合配置分析等问题。其主要内容被广泛引用于植物育种的教科书和论著中。

80年代以来，在蔡旭教授和张树榛教授指导下，课题组在育种的基础理论研究上，以亲本选配为重点内容，在亲子关系、配合力分析、遗传距离的应用、综合考虑育种目标和遗传差异、系统分析和控制理论的应用以及计算机辅助系统研制等方面进行了不同程度的探索。可以说本书是我校亲本选配理论研究的一个总结。作者还参考了大量的国内外有关亲本选配的文献和资料，以使本书内容更丰富、更具有普遍性。

亲本选配是植物杂交育种的一个重要理论问题，但国内外植物育种学的著作中都很少全面讨论这一问题。从文献资料上看，近年来研究不断增多，特别是RFLP以及其它分子标记的研究，也在探索应用于亲本选配。本书的目的在于和植物育种界的同行们共同研讨这一问题，起一个抛砖引玉的作用，促进亲本选配的理论研究，提高植物育种的预见性，提高组合成功率，育出更多更好的植物新品种。

本书初稿曾作为北京农业大学植物遗传育种专业研究生高级育种课的讲稿连续几年讲授。这次应农业出版社之约，在张树榛教授的积极鼓励和支持下，作了全面的补充和修改。张树榛教授和首都师范大学的郭平仲教授在百忙之中审阅了全部手稿并提出宝贵的修改意见，中国农业科学院庄巧生研究员为之作序，作者在

此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，全面讨论亲本选配问题又无先例，作为一种尝试，书中难免存在不少问题甚至谬误，作者期望着广大读者的批评指正。

张爱民

于北京农业大学

1992.9

目 录

第一章 植物育种亲本选配研究进展	1
1.1 杂交育种是卓有成效的植物育种方法.....	1
1.2 亲本选配在植物杂交育种中的意义	4
1.3 亲本选配研究进展	5
1.4 如何入手进行亲本选配研究	11
第二章 育种目标	13
2.1 育种目标的确立	13
2.1.1 对推广品种进行分析.....	14
2.1.2 以对照品种为参照系.....	16
2.1.3 系统优化方法.....	21
2.2 性状权重的确定	32
2.2.1 经验方法.....	33
2.2.2 性状组法.....	33
2.2.3 专家评定与模糊计算相结合的方法.....	35
2.3 亲本选配的向量分析法.....	39
2.3.1 数学基础.....	39
2.3.2 应用.....	41
2.3.3 变通的分析方法.....	48
2.4 亲本选配的最小二乘法.....	51
2.4.1 最小二乘法的原理.....	51
2.4.2 数字实例.....	53
2.4.3 在不同杂交方式中的应用.....	56
2.4.4 应用研究实例.....	57
2.4.5 主成分最小二乘法.....	60

2.4.6 对最小二乘法中几个问题的考虑	64
2.4.7 最小二乘法与向量分析法的比较	67
2.5 亲本选配的典范分析法	68
2.5.1 典范分析的基本原理	68
2.5.2 应用	70
第三章 亲本性状及其遗传表现	79
3.1 亲本本身表现	80
3.1.1 占有丰富的亲本资源	80
3.1.2 选配亲本的标准	81
3.2 性状遗传规律	91
3.2.1 根据抗锈性遗传特点选择抗锈亲本	91
3.2.2 根据性状遗传力大小选择亲本	94
第四章 亲子关系	100
4.1 亲子关系的分析方法	100
4.2 亲本和 F_1 的关系	101
4.3 亲本和 F_2 及以后世代的关系	119
第五章 亲本的配合力	128
5.1 配合力概念	128
5.1.1 配合力的概念	128
5.1.2 配合力的数学模型	129
5.2 配合力分析方法	130
5.2.1 完全双列杂交	130
5.2.2 部分双列杂交	130
5.2.3 NCII 交配设计	131
5.2.4 部分 NCII 交配设计	133
5.2.5 同亲回归	134
5.2.6 “非系统”交配设计	135

5.3 配合力与亲本选配	136
5.3.1 一般配合力好为基础	136
5.3.2 特殊配合力效应	139
5.3.3 双亲一般配合力互补	143
5.3.4 结合一般配合力效应和特殊配合力方差来评价亲本	145
5.4 配合力的研究与应用	147
5.4.1 一般配合力的预测	147
5.4.2 相关配合力 (Co-combining ability)	150
5.4.3 配合力的遗传组成	153
5.4.4 配合力与亲本评价	155
5.4.5 关于配合力评价	155
 第六章 亲本间遗传差异	 163
6.1 遗传差异及其度量方法	166
6.2 遗传差异的育种应用	169
6.3 遗传差异与杂种优势	176
6.4 遗传距离与特殊配合力	189
6.5 组合表现指数法	191
6.5.1 组合表现指数法(CPI)的原理	192
6.5.2 复交亲本间遗传差异的度量	193
6.5.3 组合表现指数法的应用	194
6.6 遗传距离的应用问题	200
6.6.1 不同测定方法的比较	200
6.6.2 性状的选用	203
6.6.3 遗传差异参数的稳定性问题	204
6.6.4 性状对遗传差异的贡献	210
 第七章 复合杂交的亲本选配	 220
7.1 复交亲本配合力和顺序效应的估算	221
7.1.1 三交亲本的配合力和顺序效应估算	221
7.1.2 四列杂交中亲本的配合力和顺序效应分析	225

7.2 配合力与复交亲本选配	227
7.3 复交亲本的顺序效应	232
7.4 复交组合表现的预测	237
第八章 综合种的亲本选配	256
8.1 综合种的预测	257
8.2 综合种的亲本选配	259
8.2.1 一般配合力	260
8.2.2 亲本本身表现和一般品种力	260
8.2.3 特殊品种力	263
8.3 最适亲本数	266
第九章 电子计算机在亲本选配研究中的应用	270
9.1 小麦育种亲本选配的计算机辅助系统	271
9.1.1 系统设计	271
9.1.2 系统的功能	272
9.2 最优亲本组合选择系统 (SOPC)	275
9.3 小麦育种亲本选配的专家系统	278
9.3.1 系统的知识表示	280
9.3.2 系统的事实表示	281
9.3.3 规则的表达	282
9.3.4 亲本选配程序框图	283
9.3.5 系统的推理过程	283
9.3.6 使用实例	285
9.4 水稻育种亲本选配专家系统	286

第一章 植物育种亲本选配研究进展

1.1 杂交育种是卓有成效的植物育种方法

植物育种学是研究改良现有植物品种和创造植物新品种的科学，即对植物进行遗传改良，使之更符合人类生产和生活的需要。现代植物育种方法或途径很多，不仅选择和利用天然的优良变异类型育成新品种，而且通过杂交、理化因素诱变、诱导多倍体、物种间远缘杂交等多种方法来创造新变异，选育新品种。此外还可利用组织或细胞培养、基因导入等方法育成新品种。

随着现代遗传理论的不 断发展，遗传学新的分支的不断出现，人工创造新变异的方法以及新的育种途径也不断出现。但到目前为止，最有成效的育种方法还是杂交育种。1949—1979年30年间，我国25种主要农作物共育成新品种2729个，其中1349个为杂交育成，占育成品种总数的49%（表1.1）。以小麦为例（表1.2），1962—1982年20年间生产上推广品种数为472个，其中杂交育成334个，占育成品种总数的70.8%。从国外引入的品种亦主要为杂交育成，若将其包括在内则杂交育成的品种占育成品种的74.8%。通过“七五”（1986—1990）攻关我国又育成小麦新品种91个，绝大部分为采用杂交育种的方法育成。据查“Crop Science”从1962至1989年28年间，共发表注册小麦品种314个，其中杂交育成的为290个，占育成品种数的92.4%。

我国从50年代起，共育成水稻品种1284个（表1.3）。其中杂交育成651个，占50.7%，80年代杂交育成品种占总育成品种数的69.1%。可以看出，杂交育成品种的比例随年代进展不断上升。我国台湾省从1932年到1986年各级科研机构育成了131个梗稻及

籼稻品种，其中仅通过品种间杂交育成的就占 116 个，是育成品种总数的88.5%。据《中国水稻品种及其系谱》附录中资料所载，从1966年到1988年23年间国际水稻研究所育成并推广的水稻品种计31个，100%为杂交育成。

表 1.1 1949—1979年不同育种途径的育成品种数目

(黄佩民, 1990)

作物名称		品种 数目	地 方 品 种	引 进 品 种	系 选 品 种	杂 交 品 种	辐 射 品 种	其他 途径	不 详
水 稻		545	18	33	209	234	24	8	19
小 麦		570	25	45	94		11	1	6
玉 米		379	48			294		37	
高 粱		115	12	3	36	54	1	9	
谷 子		158	34	1	94	26	3		
糜 子		14	2	2	8	2			
大 麦		32	2	1	17	12			
苡 麦		7	1	3	1	2			
甘 薯		108	11	3	13	13	79		2
马 铃 薯		80	1	13	7	57			2
大 豆		134	25	47	53	2			7
油 菜		115	13	1	65	31	2		3
花 生		71	23	5	16	27			
芝 麻		14	8		5	1			
向 日 葵		7		4	1	2			
胡 麻		21	4	3	5	9			
棉 花		172		7	107	48	4	5	1
黄 麻		27	2	3	12	10			
红 麻		10		2	4	4			
苧 麻		14	12		1	1			
大 麻		6	3		3				
亚麻(纤用)		3		1					
甘 蔗		38		8	2	29			
甜 菜		19			1	10			
烟 草		70	15	7	17	27		4	
总 计		2729	259	192	780	1349	45	64	40
			(9.5%)	(7.0%)	(28.6%)	(49.4%)	(1.6%)	2.3%	(1.6%)

表 1.2 1962—1982 小麦品种育成情况

品种育成方法	品 种 数	占全部品种比例 (%)
地 方 品 种	23	4.9
系 统 选 育	82	17.4
杂 交 选 育	334	70.8
辐 射 育 种	13	2.7
国 外 引 入	19	4.0
不 详	1	0.2
总 计	472	100

根据金善宝主编《中国小麦品种志1962—1982》整理

表 1.3 50年代至80年代我国水稻品种育成情况

育成方法	50 年 代		60 年 代		70 年 代		80 年 代		合 计	
	品种数	比例 (%)	品种数	比例 (%)	品种数	比例 (%)	品种数	比例 (%)	品种数	比例 (%)
引 种	16	7.0	18	5.9	26	4.7	5	2.6	65	5.1
地方品种	124	54.4	11	3.6	1	0.2	—	—	136	10.6
系统选育	66	28.9	105	34.3	145	26.1	33	17.0	349	27.2
杂交育成	22	9.7	162	52.9	333	59.9	134	69.1	651	50.7
辐射育种			10	3.3	41	7.4	18	9.3	69	5.4
花粉培育					10	1.8	4	2.1	14	1.1
合 计	228	100	306	100	556	100	194	100	1284	100

根据林世成主编《中国水稻品种及其系谱》整理而成

在棉花育种中，据不完全统计，1950—1986年间，我国棉花生产上推广面积在10万亩以上的品种有178个（表1.4）。杂交育成的品种数50年代为4个，仅占12.8%。60年代为15个，占32.6%；70年代为27个，占48.3%；到80年代为27个，占育成总数的65.9%。再加上利用杂种优势的5个杂交种，则杂交育成品种占77.3%。以上事例充分说明，杂交育种是诸多育种方法中最富有成效的育种方法。

表 1.4 我国棉花新品种选育途径的分析

时 期	育种方法	育成品种数	所占比例 (%)
50 年 代	国外引种	11	34.3
	系统育种	17	53.2
	杂交育种	4	12.5
	合 计	32	100
60 年 代	国外引种	2	4.4
	系统育种	29	63.4
	杂交育种	15	32.6
	合 计	46	100
70 年 代	国外引种	2	3.6
	系统育种	26	46.3
	杂交育种	27	48.3
	诱变育种	1	1.8
	合 计	56	100
80 年 代 前 期	国外引种	0	0
	系统育种	9	20.4
	杂交育种	27	65.9
	杂优利用	5	11.4
	诱变育种	1	2.3
	合 计	44	100

引自周有耀 (1991)

1.2 亲本选配在植物杂交育种中的意义

杂交育种由三个工作环节组成。第一，选配亲本杂交以创造变异；第二，种植杂种后代选择并稳定变异；第三，新品系(种)的性状及产量鉴定。其中，亲本选配是全部工作成败的先决条件。杂交育种的遗传学基础是：基因的交汇、重组、互作和累加。然而，并非任何两个亲本杂交其后代都能得到理想的重组类型或理想的互作、累加效果。多年来育种实践证明：亲本选配得当，后代中就能选育出优良品种。以小麦为例：胜利麦×燕大1817组合