



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

园艺植物育种学

(第2版)

■ 徐跃进 胡春根 主编



高等教育出版社



园艺植物育种学

（第2版）

陈学敏 主编



中国农业大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

园艺植物育种学 (第2版)

YUANYI ZHIWU YUZHONGXUE

主 编 徐跃进 (华中农业大学)
胡春根 (华中农业大学)
副主编 陈学森 (山东农业大学)
万正杰 (华中农业大学)
刘国锋 (华中农业大学)

编 者

第1章	田振东	徐跃进	万正杰
第2章	徐跃进	万正杰	
第3章	万正杰	欧阳波	
第4章	田振东	万正杰	
第5章	陈学森	胡春根	
第6章	胡春根		
第7章	姜 玲	胡春根	
第8章	孙中海	胡春根	
第9章	刘国锋		
第10章	刘国锋	张俊卫	
第11章	张俊卫	陈龙清	
第12章	张俊卫	刘国锋	

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为了培养具有较宽专业知识面的园艺专业高级人才编写的园艺植物育种学教材。全书共分 12 章,对蔬菜、果树和花卉主要种类的种质资源、性状遗传、育种目标和育种策略与方法进行了较详细的介绍。配套数字课程提供教学课件、彩图、拓展阅读等资源,多角度呈现了本书知识点,有力补充了教材内容。

本书可作为高等农业院校园艺专业本、专科生的专业教材,也可作为有志于开展园艺作物品种改良研究相关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

园艺植物育种学 / 徐跃进, 胡春根主编. --2 版.
-- 北京: 高等教育出版社, 2015.2
ISBN 978-7-04-041535-3

I. ①园… II. ①徐…②胡… III. ①园艺作物-作物
育种-高等学校-教材 IV. ①S603

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 295180 号

策划编辑 孟 丽 责任编辑 高新景 封面设计 张 楠 责任印制 刘思涵

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landraco.com
印 刷	山东省高唐印刷有限责任公司		http://www.landraco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2007 年 12 月第 1 版
印 张	18.25		2015 年 2 月第 2 版
字 数	440千字	印 次	2015 年 2 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	35.00 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 41535-00

数字课程（基础版）

园艺植物育种学

（第2版）

徐跃进 胡春根 主编



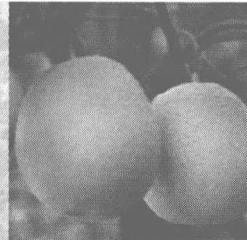
登录方法：

- 1. 访问<http://abook.hep.com.cn/41535>
- 2. 输入数字课程用户名（见封底明码）、密码
- 3. 点击“进入课程”

账号自登录之日起一年内有效，过期作废
使用本账号如有任何问题
请发邮件至：lifescience@pub.hep.cn

园艺植物育种学（第2版）

徐跃进 胡春根 主编



用户名 密码 验证码 6 2 6 2 进入课程

使用说明

内容介绍 纸质教材 版权信息 联系方式

园艺植物育种学数字课程与纸质教材一体化设计，紧密配合。数字课程涵盖教学课件、彩图素材、拓展阅读等板块。充分运用多种形式媒体资源，丰富知识的呈现形式，拓展教材内容。在提升课程教学效果同时，为学生学习提供思维与探索的空间。



用户名：输入教材封底的16位明码；密码：刮开“增值服务”涂层，输入16位暗码；输入正确的验证码后，点击“进入课程”开始学习。

高等教育出版社

<http://abook.hep.com.cn/41535>

第2版前言

2006年,根据园艺教育和科技发展的形势,我们将蔬菜、果树、花卉育种进行整合、分类、归并,将分类地位相似、栽培与育种特点相近的园艺作物统合在一起,将遗传背景、育种目标等共性内容整合更新,在种质资源、育种特点等个性内容方面突出重点,编写了这本教材。经数年教学实践使用,受到了广泛好评。本教材被认为有利于学生掌握共性原理,把握不同作物的育种重点,在有限的时间内学习更多的知识。但是在使用过程中也发现教材存在不少问题,存在一些错漏和疏忽,部分内容近年来已有较大变化,这些问题促使我们对该教材进行修订和更新。

全书共分12章,第1~4章为蔬菜作物育种,包括十字花科、葫芦科、茄科和豆科作物;第5~8章为果树育种,按仁果类、核果类、葡萄和柑橘四类主要果树进行归类编写;第9~12章为观赏植物育种,包括一、二年生草花和宿根花卉、球根花卉、木本花卉。力求做到作物种类少而精,既能涵盖主要园艺作物,又能减少重复,突出重点。本教材配套数字课程包括教学课件、彩图等,多角度呈现了本书知识点,有力补充了教材内容。编写人员均为工作在园艺育种教学、科研一线的专家、教授和博士。

由于园艺植物种类繁多、新品种层出不穷,文献资料浩如烟海,而编者水平有限,无法尽收最新研究成果,仅能撷采作者认为重要且必须掌握的内容综合成书,书中难免有许多不足和值得商榷的地方,诚恳地希望使用本教材的教师、学生、园艺科研人员和其他读者批评指正。

编者

2014年10月

目 录

第1章 十字花科蔬菜育种	1	2.3.3 育种方法	52
1.1 概论	1	2.3.4 国内外对西瓜雄性不育系的研究利用进展	55
1.1.1 种类及名称	1	第3章 茄科蔬菜育种	57
1.1.2 染色体及主要性状遗传	1	3.1 概论	57
1.1.3 杂交的难易程度	5	3.1.1 种类及名称	57
1.1.4 杂种优势	5	3.1.2 染色体数及主要性状遗传	58
1.2 大白菜育种	6	3.2 番茄育种	61
1.2.1 种质资源	6	3.2.1 种质资源	61
1.2.2 育种目标	7	3.2.2 育种目标	64
1.2.3 育种方法	8	3.2.3 育种方法	66
1.3 结球甘蓝育种	15	3.3 茄子育种	73
1.3.1 种质资源	15	3.3.1 种质资源	73
1.3.2 育种目标	18	3.3.2 育种目标	74
1.3.3 育种方法	18	3.3.3 育种方法	75
1.4 萝卜育种	25	3.4 辣椒育种	79
1.4.1 种质资源	25	3.4.1 种质资源	79
1.4.2 育种目标	27	3.4.2 育种目标	81
1.4.3 育种方法	28	3.4.3 育种方法	82
1.5 红菜薹育种	32	3.5 马铃薯育种	89
1.5.1 种质资源	32	3.5.1 种质资源	89
1.5.2 育种目标	33	3.5.2 育种目标	91
1.5.3 育种方法	33	3.5.3 育种方法	92
第2章 葫芦科蔬菜育种	36	第4章 豆科蔬菜育种	101
2.1 概论	36	4.1 概论	101
2.1.1 种类及名称	36	4.1.1 种类及名称	101
2.1.2 染色体及主要性状遗传	36	4.1.2 染色体数和重要性状遗传	102
2.2 黄瓜育种	38	4.2 菜豆育种	104
2.2.1 种质资源	39	4.2.1 种质资源	104
2.2.2 育种目标	40	4.2.2 育种目标	106
2.2.3 育种方法	41	4.2.3 育种方法	107
2.3 西瓜育种	47	4.3 豇豆育种	110
2.3.1 种质资源	47	4.3.1 种质资源	110
2.3.2 育种目标	51		

4.3.2 育种目标	111	7.3.2 加工品种	162
4.3.3 育种方法	112	7.4 育种方法	163
第5章 仁果类果树育种	114	7.4.1 引种	163
5.1 概论	114	7.4.2 杂交育种	165
5.1.1 种类及名称	114	7.4.3 芽变选种	172
5.1.2 染色体及主要性状遗传	114	7.4.4 葡萄多倍体育种	172
5.2 苹果育种	120	第8章 柑橘育种	174
5.2.1 种质资源	121	8.1 概论	174
5.2.2 育种目标	125	8.1.1 种类名称和起源发展	174
5.2.3 育种方法	128	8.1.2 染色体数和主要性状遗传	175
5.3 梨育种	134	8.2 种质资源	177
5.3.1 原产地及栽培沿革	134	8.2.1 枳及其杂种	177
5.3.2 种质资源	134	8.2.2 金柑属主要种类	178
5.3.3 育种目标	137	8.2.3 柑橘属主要种类品种	179
5.3.4 育种方法	138	8.3 育种目标	184
第6章 核果类果树育种	141	8.3.1 鲜食品种的育种目标	184
6.1 概论	141	8.3.2 加工品种的选育目标	185
6.1.1 种类及名称	141	8.3.3 抗性品种选育	185
6.1.2 染色体数及主要性状遗传	141	8.3.4 砧木选育	186
6.2 桃育种	144	8.4 主要性状遗传	186
6.2.1 原产地及栽培沿革	144	8.4.1 多胚性的遗传	186
6.2.2 种质资源	145	8.4.2 不育性的遗传	187
6.2.3 育种目标	146	8.4.3 抗寒性的遗传	188
6.2.4 育种方法	147	8.4.4 果实成熟期遗传	189
6.3 李育种	149	8.4.5 果实品质、形状和色泽的遗传	189
6.3.1 原产地及栽培沿革	149	8.4.6 其他性状的遗传	189
6.3.2 种质资源	149	8.5 育种方法	189
6.3.3 育种目标	150	8.5.1 引种	189
6.3.4 育种方法	151	8.5.2 实生选种	191
第7章 葡萄育种	153	8.5.3 芽变选种	192
7.1 概论	153	8.5.4 杂交育种	192
7.1.1 种类及名称	153	8.5.5 倍性育种	197
7.1.2 原产地及栽培沿革	153	8.5.6 诱变育种	199
7.1.3 染色体数及性状遗传	154	8.5.7 生物技术育种	199
7.2 种质资源	158	第9章 一、二年生花卉育种	201
7.2.1 葡萄属的主要种类	158	9.1 概论	201
7.2.2 品种资源	159	9.1.1 一、二年生花卉的定义及园林应用	201
7.3 育种目标	161		
7.3.1 鲜食品种	161		

9.1.2 一、二年生花卉的育种特点	201	第 11 章 球根花卉育种	234
9.1.3 一、二年生花卉育种及种子 生产概况	202	11.1 概论	234
9.2 矮牵牛育种	202	11.1.1 球根花卉的定义及园林 应用	234
9.2.1 原产地及栽培沿革	202	11.1.2 球根花卉繁殖与育种特点	234
9.2.2 种质资源	203	11.2 百合育种	234
9.2.3 育种目标及相关性状的 遗传规律	204	11.2.1 原产地及历史沿革	235
9.2.4 育种方法	206	11.2.2 种质资源	235
9.3 三色堇育种	210	11.2.3 育种目标	237
9.3.1 原产地及栽培沿革	210	11.2.4 育种方法	239
9.3.2 种质资源	211	11.3 唐菖蒲育种	243
9.3.3 育种目标及相关性状的 遗传规律	214	11.3.1 原产地及历史沿革	243
9.3.4 育种方法	215	11.3.2 种质资源	244
第 10 章 宿根花卉育种	218	11.3.3 育种目标	247
10.1 概论	218	11.3.4 育种方法	247
10.1.1 宿根花卉的定义及园林 应用	218	第 12 章 木本花卉育种	250
10.1.2 宿根花卉的繁殖和育种 特点	218	12.1 概论	250
10.2 菊花育种	218	12.1.1 木本花卉的定义及分类	250
10.2.1 原产地及栽培沿革	218	12.1.2 木本花卉的育种进展	250
10.2.2 种质资源	220	12.2 月季育种	250
10.2.3 育种目标及相关性状的 遗传规律	222	12.2.1 原产地及栽培沿革	250
10.2.4 育种方法	224	12.2.2 种质资源	251
10.3 香石竹育种	228	12.2.3 育种目标及相关性状的 遗传规律	254
10.3.1 原产地及栽培沿革	228	12.2.4 育种方法	256
10.3.2 种质资源	228	12.3 梅花育种	259
10.3.3 育种目标	229	12.3.1 原产地及历史沿革	259
10.3.4 育种方法	230	12.3.2 种质资源	260
		12.3.3 育种目标	262
		12.3.4 育种方法	263
		主要参考文献	266

第 1 章

十字花科蔬菜育种

1.1 概论

1.1.1 种类及名称

十字花科植物有 2 000 余种,我国有 300 多种。作为蔬菜栽培的有芸薹属、萝卜属、辣根属、豆瓣菜属和芥菜属。芸薹属的有大白菜[*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis* (Lour.) Olsson (*B. pekinensis* Ruprecht)]、白菜[(*B. campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino)]、芜菁[*B. campestris* L. ssp. *rapifera* Matzg. (*B. rapa* L.)]、红菜薹(*B. campestris* L. var. *purpurea* Bailey)、甘蓝(*B. oleracea* L.)、芥菜(*B. juncea* Coss.)、芥蓝(*B. alboglabra* Bailey)、芜菁甘蓝(*B. napobrassica* Mill.), 其中白菜、甘蓝和芥菜又有一些变种。萝卜属的有萝卜(*Raphanus sativus* L.),辣根属的有辣根[*Armoracia rusticana* (Lam.) Gaertn.],豆瓣菜属的有豆瓣菜(*Nasturtium officinale* R. Br.),芥菜属的有芥菜[*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.]。

1.1.2 染色体及主要性状遗传

1.1.2.1 染色体数

芸薹属植物不同种间杂交和近代细胞遗传学研究表明,芸薹属包含三个基本种,即芸薹(又称白菜型油菜)(*B. campestris*, $2n = 20$, AA)、黑芥(*B. nigra*, $2n = 16$, BB)和甘蓝(*B. oleracea*, $2n = 18$, CC)。另外,还包括三个复合种:即甘蓝型油菜(*B. napus*, $2n = 38$, AACC)、芥菜型油菜(*B. juncea*, $2n = 36$, AABB)和埃塞俄比亚芥(*B. carinata*, $2n = 34$, BBCC)。芸薹的三个基本种与三个复合种之间的亲缘关系可用禹氏三角表示,三个基本种之间经过相互杂交和自然加倍而形成现在的双二倍体种(图 1-1)。

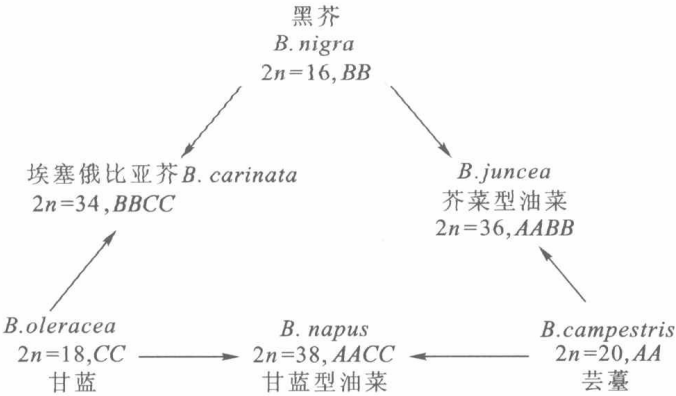


图 1-1 芸薹属植物各个种之间的关系及其对应染色体组(禹长春,1935)

十字花科蔬菜种类很多,主要包括大白菜、小白菜、甘蓝、萝卜等。其中大白菜、小白菜、芜菁、红菜薹染色体为 $2n = 2X = 20, AA$; 甘蓝类染色体为 $2n = 18, CC$; 芥菜类 ($2n = 4X = 36, AABB$)、芜菁甘蓝 ($2n = 4X = 38, AACCC$) 是异源四倍体; 萝卜染色体为 $2n = 2X = 18, DD$; 辣根染色体为 $2n = 4X = 32$; 芥菜染色体为 $2n = 4X = 32, AABB$; 豆瓣菜有两个种: *N. officinale* R. Br. 为二倍体, $2n = 2X = 32$, 栽培较多; *N. microphyllum* (Bonn.) Rehb. 为异源四倍体, $2n = 4X = 64$, 栽培较少。

1.1.2.2 重要性状遗传

十字花科蔬菜性状遗传方面的研究主要集中在大白菜、甘蓝、萝卜、红菜薹 (*B. campestris* L. var. *purpurea* Bailey) 等蔬菜上, 已确定的性状遗传规律归纳如下:

1. 大白菜

大白菜多数生物学性状属数量性状, 控制遗传的基因对数多, 加之大白菜为异花授粉作物, 个体杂合性强, 品种内株间差异大, 从而使大白菜性状遗传研究难度大, 目前被深入研究的性状数量不多, 主要集中在与叶球商品性密切相关的性状上。

(1) 叶球形状

- ① 长筒 $\times$ 倒卵 $\rightarrow F_1$ 长倒卵至近长筒;
- ② 长筒 $\times$ 短筒 $\rightarrow F_1$ 中间型;
- ③ 长筒 $\times$ 矮桩 $\rightarrow F_1$ 高桩;
- ④ 长筒 $\times$ 倒圆锥 $\rightarrow F_1$ 倒卵至近长筒;
- ⑤ 倒卵 $\times$ 短筒 $\rightarrow F_1$ 近短筒;
- ⑥ 倒卵 $\times$ 矮桩 $\rightarrow F_1$ 长倒卵、高桩, 矮倒卵、矮桩;
- ⑦ 倒卵 $\times$ 倒圆锥 $\rightarrow F_1$ 矮倒卵;
- ⑧ 短筒 $\times$ 矮桩 $\rightarrow F_1$ 短筒或矮桩;
- ⑨ 短筒 $\times$ 倒圆锥 $\rightarrow F_1$ 矮倒卵;
- ⑩ 矮桩 $\times$ 倒圆锥 $\rightarrow F_1$ 倒卵至矮倒卵。

(2) 叶球抱合方式

- ① 合抱 $\times$ 叠抱 $\rightarrow F_1$ 合抱或叠抱;
- ② 叠抱 $\times$ 皱抱 $\rightarrow F_1$ 叠抱或皱抱;
- ③ 皱抱 $\times$ 合抱 $\rightarrow F_1$ 近似皱抱。

(3) 结球特性

- ① 半结球 $\times$ 花心 $\rightarrow F_1$ 花心;
- ② 半结球 $\times$ 结球 $\rightarrow F_1$ 半结球;
- ③ 花心 $\times$ 结球 $\rightarrow F_1$ 花心;
- ④ 散叶 $\times$ 其他 $\rightarrow F_1$ 散叶。

(4) 叶片性状

① 叶片有毛 $\times$ 无毛 $\rightarrow F_1$ 有毛; 毛的有无由一对基因控制, 为质量性状; 毛的多少受多基因控制, 为数量遗传;

- ② 叶片多毛 $\times$ 少毛 $\rightarrow F_1$ 中间偏多毛。

(5) 熟性

- ① 早熟 $\times$ 晚熟 $\rightarrow F_1$ 中间偏早熟;

② 早熟 × 晚熟 → F_1 中间偏早熟;

③ 中熟 × 晚熟 → F_1 中间熟。

大白菜更多的植物学性状如:单株重、球重、球高、球径、紧实度、球叶数、叶长宽、帮重、软叶重、帮长宽厚、抗热性和成熟期等多属数量遗传。

2. 甘蓝性状遗传

(1) 叶色

① 紫色 × 绿色 → F_1 淡紫色, F_2 :3 紫红:1 绿或 9 紫红:7 绿;

② 黄色 × 绿色 → F_1 绿色;

③ 绿色 × 深绿色 → F_1 中间偏深绿色。

(2) 叶球形状

① 叶球圆形 × 扁形 → F_1 连续变异;

② 叶球圆锥形 × 圆形 → F_1 中间偏圆锥形。

(3) 叶片多少 叶片多 × 少 → F_1 中间或少。

(4) 熟性 早熟 × 中、晚熟 → F_1 中间偏早。

(5) 抽薹习性 不易抽薹 × 易抽薹 → F_1 中间偏易抽薹。

(6) 叶表面蜡粉 无蜡粉亮叶性状由一对隐性纯合基因控制。

叶球横径、紧实度和重量均符合加性-显性模型。叶球纵径和中心柱长可能存在非等位基因间的互作。叶球纵径、横径、重量和中心柱长为超显性遗传,受控于显性基因,叶球纵径至少 4 对,横径和叶球重量至少 3 对,紧实度和中心柱长至少 1 对。

主要品质性状中可溶性糖与纤维素含量之间呈显著正相关;帮叶比与干物质含量之间、帮叶比与纤维素含量之间均呈显著正相关;其他品质性状之间存在不显著的正相关或负相关。

3. 萝卜性状遗传

(1) 叶型

① 板叶 × 花叶 → F_1 中间型浅裂叶;

② 花叶 × 花叶 → F_1 花叶。

(2) 叶丛

① 塌地 × 直立 → F_1 开展;

② 直立 × 半直立 → F_1 偏直立;

③ 直立 × 塌地 → F_1 半直立;

④ 半直立 × 塌地 → F_1 偏半直立。

(3) 肉质根形状

① 长圆筒 × 长圆筒 → F_1 长圆筒;

② 长圆筒 × 圆形 → F_1 偏长圆筒;

③ 圆形 × 长筒形 → F_1 纺锤形;

④ 圆形 × 扁圆形 → F_1 扁圆形;

⑤ 长圆筒形 × 倒卵圆形 → F_1 倒卵圆、纺锤形。

⑥ 根长 × 根短 → F_1 偏长;

⑦ 根粗 × 根细 → F_1 根偏粗。

(4) 肉质根的皮肤色

- ① 红色 × 青色 → F_1 暗紫色或紫绿相间;
- ② 暗红 × 鲜红 → F_1 暗红;
- ③ 绿色 × 红色 → F_1 紫色;
- ④ 绿色 × 白色 → F_1 淡绿色;
- ⑤ 深绿色 × 绿色 → F_1 深绿色;
- ⑥ 红色 × 绿色 → F_1 紫红或粉红;
- ⑦ 红色 × 白色 → F_1 淡紫红或粉红;
- ⑧ 紫色 × 青色 → F_1 暗紫色。

(5) 肉质根的肉色和质地

- ① 白肉 × 绿肉 → F_1 肉淡绿;
- ② 白肉 × 白肉 → F_1 白肉;
- ③ 绿肉 × 紫红 → F_1 肉紫白相间;
- ④ 紫红(红心) × 绿肉 → F_1 暗紫(皮也为紫色);
- ⑤ 肉致密 × 松 → F_1 中间偏致密;
- ⑥ 肉松 × 致密 → F_1 中间偏松;
- ⑦ 肉致密 × 较致密 → F_1 较致密。

(6) 肉质根外露

- ① 根露身 × 不露 → F_1 半露;
- ② 根颈明显 × 不明显 → F_1 不明显。

(7) 熟性

- ① 早熟 × 晚熟 → F_1 中间偏早;
- ② 早熟 × 早熟 → F_1 早熟。

(8) 抗性

- ① 抗病毒 × 不抗病毒 → F_1 中间型;
- ② 抗病毒 × 抗病毒 → F_1 抗病毒;
- ③ 不抗霜霉病 × 抗霜霉病 → F_1 抗霜霉病。

还原糖、维生素 C、芥辣油、干物质等生化指标中,除肉质根还原糖在 F_1 表现超亲性状外,其余指标在 F_1 表现为双亲中间值。

4. 红菜薹性状遗传

- (1) 株形 高大 × 矮小 → F_1 中间偏大。

(2) 菜薹形状及抽薹早晚

- ① 薹粗 × 薹细 → F_1 中间偏粗;
- ② 薹长 × 薹短 → F_1 中间偏长;
- ③ 侧薹多 × 侧薹少 → F_1 中间偏多;
- ④ 侧薹早 × 侧薹迟 → F_1 中间偏早;
- ⑤ 薹紫色 × 薹绿色 → F_1 淡紫色;
- ⑥ 菜薹节间长 × 节间短 → F_1 节间短。

(3) 叶片

- ① 叶片少 × 叶片多 → F_1 中间偏多;

- ② 叶片大 × 叶片少 → F_1 中间偏大。
- (4) 熟性
 - ① 早熟种 × 中熟种 → F_1 早熟；
 - ② 中熟种 × 中熟种 → F_1 中间偏早；
 - ③ 中熟种 × 晚熟种 → F_1 偏中熟。
- (5) 生长势强、抗逆性强 × 生长势弱、抗逆性弱 → F_1 生长势、抗逆性中间偏强。

1.1.3 杂交的难易程度

十字花科蔬菜易发生同一物种的不同品种、变种和种之间的天然杂交,但分属于白菜类、甘蓝类、萝卜的不同类别的品种之间不易发生天然杂交。

1.1.4 杂种优势

十字花科蔬菜为典型的异交作物,并具有自交不亲和性,自交退化明显。十字花科蔬菜地方品种有理想的适应性和生产力,但往往群体内有较强的异质性,株间整齐度较差。用一般的选择育种手段,可以使地方品种纯度提高,商品性改善,但随之不可避免地会产生生活力退化、抗逆性变弱、单位面积产量下降等不良后果(表 1-1)。

表 1-1 十字花科主要蔬菜及其近缘植物杂交关系

代号	品种	染色体数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	白菜型油菜	$2n = 2X = 20(AA)$	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△	×
2	黑芥	$2n = 16(BB)$	×	✓	×	△	△	△	×	×	×	×	×	×
3	甘蓝类	$2n = 2X = 18(CC)$	×	×	✓	×	×	×	×	×	△	△	×	×
4	结球白菜	$2n = 2X = 20(AA)$	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△	×
5	不结球白菜	$2n = 2X = 20(AA)$	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△	×
6	菜薹	$2n = 2X = 20(AA)$	✓	△	×	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△	×
7	芜菁	$2n = 2X = 20(AA)$	✓	×	×	✓	✓	✓	✓	△	△	△	△	×
8	芥菜类	$2n = 4X = 32(AABB)$	△	×	×	△	△	△	△	✓	△	△	✓	×
9	芜菁甘蓝	$2n = 4X = 38(AACC)$	✓	×	△	△	△	△	△	△	✓	✓	△	×
10	甘蓝型油菜	$2n = 4X = 38(AACC)$	✓	×	△	△	△	△	△	△	✓	✓	△	×
11	芥菜型油菜	$2n = 36(AABB)$	△	×	×	△	△	△	△	✓	△	△	✓	×
12	萝卜	$2n = 18(DD)$	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	✓

注：✓表示容易杂交,△表示稍能杂交,×表示不能杂交,以上均系天然杂交情况下的表现(《蔬菜育种学》,1990)。

十字花科蔬菜杂种优势十分明显,利用高度纯合的两个不同遗传型的亲本互相杂交生产杂种一代,既保持个体内具有充分的异质性,又有群体内高度的整齐性,优良组合的 F_1 比常规品种一般增产 30% 左右,抗逆性、抗病性等方面往往优于双亲。

由于十字花科蔬菜花器小、每花结籽数少,生产杂种一代种子的主要途径是利用自交不亲和系或雄性不育系。目前,杂种优势利用已是大白菜、甘蓝、萝卜、花椰菜、红菜薹和球茎甘蓝

(苤蓝)等十字花科蔬菜作物主要育种途径。

1.2 大白菜育种

大白菜是我国北方的主要蔬菜,主栽区为华北、西北、东北、内蒙古等地区。由于育种和栽培水平的不断提高,大白菜在南方的栽培面积也不断扩大。

大白菜质地柔软、易熟、口味清香鲜嫩,富含维生素、矿物质和膳食纤维,具有很高的营养价值。大白菜烹饪方式多样,荤素皆宜,可炒、烩、熘、炸、炖、焖、煨、泡、腌、渍和凉拌;“白菜可做百样菜”,可作每餐必食的家常菜,也可登上大雅之堂,作国宴佳肴,因此,大白菜自古享有“菜中之王”的尊称。大白菜曾经为中国第一大菜,不仅是我国人民喜爱的大宗蔬菜,而且深受世界人民的欢迎。

1.2.1 种质资源

李家文(1981)对中国白菜类蔬菜的起源、分化、分类、形态、生理、栽培技术及遗传育种等领域进行了广泛、深入的研究,提出了大白菜的杂交起源假说,认为大白菜起源于我国的白菜类蔬菜的初级变种,大约是在唐代以前由当时南方的小白菜和北方的芜菁通过自然杂交产生的。在我国北方秋季气候温和、光照充足的条件下,由于养分的积累,使顶芽逐渐发达,经我国劳动人民长期地栽培和选育,从低级进化到高级形成的结球变种。据此将大白菜亚种按进化过程从低级到高级分为散叶变种(*var. dissoluta* Li)、半结球变种(*var. infarcta* Li)、花心变种(*var. laxa* Tsen et Lee)和结球变种(*var. cephatata* Tsen et Lee),并提出结球大白菜的起源地是我国的北方,这种高级变种在我国形成了不同的栽培中心,在不同的生态条件下,经过不同目标的培育和选择,产生了三个形态特性相异的生态类型,即适应海洋性气候的卵圆型、适应大陆性气候的平头型和适应大陆和海洋交叉气候的直筒型。各地区之间的农业技术交流,又使变种与三个基本生态型之间产生了栽培的花心直筒型、花心卵圆型、平头卵圆型、平头直筒型和圆筒型五个杂交演化类型。

我国大白菜地方品种类型极为丰富、繁多,据统计我国大白菜地方品种至少有1 000个左右,集中分布在华北及黄河中、下游地区,其中山东、河北、河南、山西、北京和天津6省(市)占总数的70%~80%;东北地区、西北黄土高原地区、长江中下游地区、华南地区、西南地区也有一些比较有特色的地方品种。大白菜主要的品种类型和名称如下。

丰产型品种:‘天津青麻叶’、‘山东4号’、‘大核桃纹’、‘山东福山包头’、‘大青口’、‘城阳青’和‘莱芜包头’等。

优质型品种:‘青麻叶’、‘黄芽白’、‘城阳青’、‘核桃纹’、‘冀白菜4号’、‘玉青’、‘鲁白4号’、‘鲁白6号’、‘龙白1号’和‘辽白1号’等。

早熟耐热品种:‘热抗45’、‘小白口’、‘冠夏丰’、‘夏珍白’、‘早熟5号’、‘夏阳’、‘连早’、‘伏宝’、‘白阳’和‘早皇白’等。耐热材料有北京市农林科学院蔬菜研究中心选育的99P6-59(5),山东省农业科学院蔬菜研究所选育的98-4,西北农林科技大学蔬菜花卉研究所选育的98K6和郑州市蔬菜研究所选育的9501-49、9504-11。

抗病品种:‘大青口’、‘小白口’、‘城阳青’、‘核桃纹’、‘鲁白8号’、‘绿宝’、‘冀菜1号’、‘玉青’、‘吉研3号’、‘吉研4号’、‘山东4号’、‘佳白2号’、‘豫白1号’、‘早熟5号’、

‘夏阳’和‘胶白8号’等高抗病毒病、霜霉病和抗软腐病。‘津秋王’品种高抗病毒病,兼抗软腐病和霜霉病。抗病毒病、黑斑病和霜霉病三抗材料有北京市农林科学院蔬菜研究中心选育的983-280,山东省农科院蔬菜研究所选育的98-513和98-320,西北农林科技大学蔬菜花卉研究所选育的96L21-4-4和97L18-4。

耐抽薹品种:‘日喀则1号’、‘黄点心2号’、‘鲁春白1号’、‘小白口’、‘强势’、‘四季王’、‘无双’和‘优质1号’。不易先期抽薹材料有北京市农林科学院蔬菜研究中心选育的98S6-8-(1)、98S6-20-(4)。

1.2.2 育种目标

大白菜育种总的目标为优质、丰产、抗病和抗逆。

1.2.2.1 品质育种

外观品质:叶球帮与叶身有光泽、脆嫩,叶球紧实、结球形态、株型大小等一致,不易裂球。叶球形状和颜色与消费者习惯有密切关系,有些消费者偏好白帮、叶色淡的品种,有些喜欢叶色偏绿或黄绿色。天津视叶色和帮色深绿、直筒形品种为上品,北京则喜欢白帮、高桩花心品种,到了胶东半岛几乎都是白帮卵圆型品种。大白菜新品种的选育应首先考虑育成品种服务地区对商品品质的要求,同时也要考虑消费者对品种提出的新要求。

营养和感官品质:大白菜风味品质与体内所含的营养成分的含量和种类、特殊风味物质及其组织结构有关,氨基酸含量特别是谷氨酸含量高则鲜香性好,软叶率高,组织柔软脆嫩,纤维细致无粗丝、嚼而无渣,则适口性好。总之,提高维生素C、可溶性糖、蛋白质、干物质的含量和降低有机酸和粗纤维含量是大白菜优质育种的主要目标性状。

1.2.2.2 抗病虫害

据不完全统计,大白菜的病害包括细菌、真菌、病毒病害和生理性病害,达25种以上。20世纪50年代病毒病、霜霉病和软腐病是对大白菜生产为害最大的“三大病害”。80年代后,黑斑病、黑腐病普遍加重,白斑病、炭疽病、根肿病以及干烧心病在一些地区也变得越来越严重,随着抗病品种的推广,病毒病、霜霉病有明显减轻,但是还有许多病害仍无法有效防治,病害问题仍然是制约大白菜丰产和稳产的重要因素。另外,经常发生的大白菜叶部和根部虫害也有20余种。农药的不合理使用会造成环境污染、产品农药残留,甚至危害人类健康。因此,培育对多种病虫具有抗性的品种,尽量减少农药使用也是重要的育种目标。

1.2.2.3 生育期和生态适应性

不同地区由于适宜大白菜生长的季节不同,需要生育期长短不同的品种;即使在同一地区,为了市场需要和茬口安排,也需要生育期长、中、短不同的品种。消费者和市场对大白菜周年供应的要求更为迫切,要求发展适合不同生态条件,类型多样化,满足不同生育期和熟性的多季节栽培品种。

秋冬大白菜需要早熟、有一定耐热性、抗病能力强的品种;越冬大白菜需要耐低温、冬性强、耐抽薹的品种;春大白菜需要耐低温、生育期短、冬性强、耐抽薹、结球快和成熟早的品种。在结球白菜三种基本生态型品种中,卵圆型品种花芽分化较晚、冬性较强、不易抽薹,而直筒型较易抽薹。由于春季气温逐渐升高,春大白菜还需具备一定的高温结球性。夏大白菜要求耐热性、抗病能力强、结球性好、生长好,早熟的品种。目前生产中春大白菜和夏大白菜优良品种还比较少,春、夏栽培适应性已成为大白菜品种改良的新目标。

1.2.2.4 丰产性和耐贮性

从我国大白菜生产实际来看,丰产性仍然是一项重要育种目标,在稳产中求高产,是指导大白菜生产的核心问题,但是丰产性选育已非最主要育种目标。大白菜的产量是一个复合性状,受单位面积株数、单株重和净菜率(菜球重占株重的百分率)的共同影响。

1.2.3 育种方法

目前大白菜育种的主要方法是利用优势育种,有性杂交已不是直接选育新品种的主要方法,但是,有性杂交在实现优良基因的重组与分离,优良基因的纯化与稳定,培育优异育种材料方面有不可替代的作用。

1.2.3.1 杂交育种

1. 开花授粉习性和杂交技术

正常栽培情况下,大白菜第一年进行营养生长,植株在 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 的低温条件下,经 10 ~ 30 d 通过春化阶段,第二年抽薹、开花和结实。大白菜为种子春化型作物,萌动种子在低温处理条件下可以通过春化。

大白菜是典型的异花授粉植物,具有自交不亲和特性。花序为复总状花序,经春化作用后抽薹、开花,从顶芽抽出的花序为主花序,最先开花,从主茎上发生的每一花序往往再分支一两次,每一花序上的花从下向上陆续开放。

大白菜杂交时必须严格隔离,可用纸袋局部隔离花枝,由于大白菜的花序为无限生长型,要注意经常松袋。选花枝时,应尽量选用一次枝基部及中部的花蕾,每枝保留 10 朵左右,不宜过多。杂交时选用开花前 1 ~ 2 d 的花蕾上午 10 时去雄后立即授粉,授粉时田间气温在 $20 \sim 23^{\circ}\text{C}$ 时坐荚率最高, 24°C 以上显著降低。授粉时,根据花粉量的多少,可用授粉匙、毛笔、鸡毛掸等进行授粉。为保证授粉时有充足的花粉,应在授粉前将花粉采集好。将花采下或在种株上取花药或直接取粉均可。授粉完毕继续套袋隔离,授粉后 5 ~ 6 d,花瓣已凋谢时必须及时除袋,使之通风透光,以利角果发育。

2. 亲本的选择与组合选配

亲本的选择与组合选配应着重考虑育成品种在何种生态环境下栽培,需要具有哪些抗逆性,生育期多长,商品外观有何要求,食用品质应具备哪些特点,单位面积产量要达到何等水平,然后依据亲本选配原则,参照相关性状的遗传规律进行。

品质是一个十分复杂的性状,它不仅受营养体所含的物质成分,如糖、蛋白质、粗纤维、维生素及风味物质的影响,而且受叶球形状、帮色及叶片的组织结构等多种因素的影响。在育种过程中,若以提高品质为育种目标,应利用加性基因效应,通过基因重组,重点培育一系列品质优良的亲本,然后以产量为选择目标,利用非加性基因效应,通过组合选配选出优良组合。单从优质育种来说,以通过自交分离系统选择或常规杂交育种较为适宜。如果想获得较为理想的杂种一代,那么双亲都应是优质的系统。

大白菜产量构成要素为:

$$\text{单位面积商品产量} = \text{单位面积株数} \times \text{平均单株重} \times \text{净菜率}$$

产量相似的品种间可能在这三个因素方面差异很大,选择选配亲本时应该一方面考虑到这三方面的互补配合;另一方面还要对亲本品种的这三种因素作进一步的分析,因为这三种因素也是复合性状,它们各有自己的构成因素和影响因素。例如从株型方面考虑,理想株型要求