

十字花科蔬菜 优势育种

主编 何启伟 副主编 郭素英



农业出版社

十字花科蔬菜优势育种

Hybrid Breeding of Cruciferae
Vegetables

主 编 何启伟

副主编 郭素英

农 业 出 版 社

(京)新登字 060 号

十字花科蔬菜优势育种

主 编 何启伟

副主编 郭素英

* * *

责任编辑 孟令洋

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 通县曙光印刷厂印刷

850×1168mm32 开本 11 印张 275 千字

1993 年 8 月第 1 版 1993 年 8 月北京第 1 次印刷

印数 1—5,000 册 定价 10.00 元

ISBN 7-109-03082-2/S·1981

主 编 何启伟

副主编 郭素英

编 委 (以姓氏笔画为序)

方智远 李才法 何启伟 张书芳 张仁珍 郭素英

参加编写人员 (以姓氏笔画为序)

方智远 石惠莲 卢钦灿 刘卫红 刘玉梅

刘彦波 安振琴 孙培田 孙德岭 李才法

李素文 何启伟 宋宝琳 张书芳 张仁珍

郎丰庆 周邦福 赵雪云 武玲莹 侯安福

郭素英

前 言

我国是栽培十字花科蔬菜最普遍的国家之一，也是十字花科蔬菜种质资源最丰富的国家。十字花科蔬菜优势育种工作虽起步较晚，但因有领导的重视和支持，以及国内十字花科蔬菜育种工作者辛勤的工作，从而在十字花科蔬菜优势育种方面取得了引人瞩目的成就。因此，从理论与实践的结合上，认真总结国内二十多年来十字花科蔬菜优势育种工作，已是国内同行们多年的愿望。正是在这个愿望的促使下，我们组织编写了此书。

在本书编著的酝酿、研究、写作过程中，得到了中国农业科学院蔬菜花卉研究所、山东省农业科学院蔬菜研究所、山西省农业科学院蔬菜研究所、沈阳市农业科学院、郑州市蔬菜研究所、广东省农业科学院经济作物研究所、天津市农业科学院蔬菜研究所，以及山东省莱州市西由种子公司等单位领导和同志们的大力支持，尤其是农业出版社的支持与合作，才使这项工作得以顺利完成，在此表示衷心的感谢。在本书材料收集和整理过程中，深感已故谭其猛教授、李家文教授、陈机教授、陈世儒教授、赵雅雅研究员等老科学家在十字花科蔬菜研究上所做出的卓越贡献，本书编著的完成也是对他们最好的缅怀和纪念。

本书虽已编著出版，但由于水平所限和资料收集的不足，谬误之处在所难免，特别是有些资料查找订正不足，或未能在参考资料中注明，敬请同行们和广大读者指正。

编著者

一九九二年十二月

目 录

第一章	绪论	1
第一节	十字花科蔬菜优势育种的成就与前景	1
第二节	自交生活力衰退与杂种优势表现	8
第三节	十字花科蔬菜杂种优势的度量	11
第四节	十字花科蔬菜优势育种的程序	15
第二章	亲本选择与配合力测定	19
第一节	原始材料的收集与整理	19
第二节	亲本材料的自交纯化与自交系选育	25
第三节	亲本系的选择改进	35
第四节	配合力与配合力测定	37
第三章	杂交制种的技术途径	52
第一节	自交不亲和系的选育及应用	52
第二节	核一胞质雄性不育系的选育及利用	60
第三节	核基因互作雄性不育系的选育及利用	75
第四章	大白菜优势育种	90
第一节	育种目标	91
第二节	大白菜的分类与原始材料的收集	95
第三节	主要性状遗传表现与组合选配	103
第四节	开花、受精生物学特性	106
第五节	自交不亲和系选育与利用	110
第六节	核基因互作雄性不育系选育及利用	115
第七节	抗病育种	128
第八节	生态和熟性育种	139
第九节	杂种一代制种技术	146
第五章	萝卜优势育种	151

第一节	育种目标	152
第二节	原始材料的收集、鉴定与纯化	157
第三节	开花、受精生物学特性	164
第四节	主要性状遗传规律及杂种优势表现	170
第五节	自交系与自交不亲和系选育	183
第六节	核一胞质雄性不育系的选育与利用	195
第七节	生态育种与品质育种	203
第八节	杂种一代制种技术	209
第六章	甘蓝优势育种	215
第一节	育种目标	218
第二节	原始材料的收集、鉴定与纯化	220
第三节	开花、受精生物学特性	229
第四节	主要性状遗传规律及杂种优势表现	234
第五节	优良自交不亲和系的选育	240
第六节	熟性育种	248
第七节	抗病育种	253
第八节	杂种一代制种技术	263
第七章	白菜优势育种	276
第一节	育种目标	277
第二节	原始材料的收集、鉴定和利用	280
第三节	主要性状遗传规律及杂种优势表现	287
第四节	雄性不育两用系和自交系的选育	288
第五节	杂交组合的选配	293
第六节	抗病育种	295
第七节	杂种一代制种技术	298
第八章	花椰菜优势育种	302
第一节	育种目标及原始材料的收集	302
第二节	开花、受精生物学特性	306
第三节	主要性状的遗传力及自交不亲和系选育	307
第四节	不同类型、熟期育种及抗病育种	310
第五节	采种与杂交制种技术	311

第九章	青花菜优势育种	314
第一节	育种目标及原始材料的收集	314
第二节	开花、受精生物学特性及杂种优势表现	317
第三节	自交不亲和系选育	319
第四节	优良组合的选配	322
第五节	杂种一代制种技术	324
第十章	菜薹优势育种	326
第一节	育种目标	327
第二节	原始材料的收集、鉴定与纯化	328
第三节	开花、受精生物学特性	330
第四节	主要性状遗传及杂种优势表现	331
第五节	雄性不育系选育	332
第六节	优良组合的选配	334
第七节	杂种一代制种技术	336

Contents

Chapter 1	Foreword	1
Section 1	Attainments and prospects of hybrid breeding in cruciferae vegetables.....	1
Section 2	Livability decline by self-cross and expression of heterosis	8
Section 3	Estimation of the heterosis in cruciferae vegetables.....	11
Section 4	The procedure of hybrid breeding in cruciferae vegetables.....	15
Chapter 2	Parents selection and combining ability determination.....	19
Section 1	Collection and arrangement of genetical materials.....	19
Section 2	Purification of parental materials by selfing and breeding of self line.....	25
Section 3	Improvement of parent line by selection.....	35
Section 4	Combining ability and it's determination.....	37
Chapter 3	Ways for producing hybrid seed.....	52
Section 1	Breeding and utilization of self-incompatibility lines.....	52
Section 2	Breeding and utilization of cytoplasmic genetic male sterile lines.....	60
Section 3	Breeding and utilization of interaction between nucleus genes male sterile line	75
Chapter 4	Hybrid breeding of Chinese cabbage.....	90
Section 1	Aim of breeding.....	91
Section 2	Classification of Chinese cabbage and collection of genetical materials.....	95

Section 3	Heredity expression of chief properties and selection for crossing.....	103
Section 4	The biological property of flowering and fertilization.....	106
Section 5	Breeding and utilization of the self-incompatibility lines	110
Section 6	Breeding and application of nucleus genes interaction male sterile lines	115
Section 7	Breeding for disease resistance.....	128
Section 8	Breeding for ecology and maturity.....	139
Section 9	The technique of producing hybrid F_1 seeds.....	146
Chapter 5	Hybrid for Radish	151
Section 1	Aim of breeding	152
Section 2	Collection, evaluation and purification of parent materials.....	157
Section 3	Biological property of flowering and fertilization.....	164
Section 4	Heredity regularity of chief properties and expression of heterosis	170
Section 5	Breeding of self line and self-incompatibility line	183
Section 6	Breeding and utilization of cytoplasmic genetic male sterile lines	195
Section 7	Ecotype and quality breeding.....	203
Section 8	The technique of producing hybrid F_1 seeds	209
Chapter 6	Hybrid breeding of cabbage	215
Section 1	Aim of breeding	218
Section 2	Collection, evaluation and purification of parental materials	220
Section 3	Biological property of flowering and fertilization	229
Section 4	Heredity regularity of chief properties and expression of heterosis	234
Section 5	Breeding for elite self-incompatibility lines	240

Section 6	Maturity breeding	248
Section 7	Breeding for disease resistance.....	253
Section 8	The techniques of producing hybrid F_1 seeds	263
Chapter 7	Hybrid breeding of pakchoi	276
Section 1	Aim of breeding	277
Section 2	Collection, evaluation and utilization of parental materials	280
Section 3	Heredity regularity of chief properties and expression of heterosis	287
Section 4	Breeding of male sterile two use line and self line.....	288
Section 5	Select for cross combination	293
Section 6	Breeding for disease resistance	295
Section 7	The techniques of producing hybrid F_1 seeds	298
Chapter 8	Hybrid breeding of cauliflower	302
Section 1	Aim of breeding and collection of parental materials.....	302
Section 2	Biological property of flowering and fertilization	306
Section 3	Hereditary capacity of chief properties, breeding of self-incompatibility line	307
Section 4	Breeding for different type, maturity and disease resistance	310
Section 5	The technique of harvesting and producing hybrid seeds crossing	311
Chapter 9	Hybrid breeding of broccoli	314
Section 1	Aim of breeding and collection of parental materials	314
Section 2	Biological property of flowering and fertilization, expression of heterosis	317
Section 3	Breeding for self-incompatibility	319
Section 4	Selection for elite combination	322
Section 5	The techniques of producing hybrid F_1 seeds	324

Chapter 10 Hybrid breeding of flowering Chinese

cabbage	326
Section 1 Aim of breeding	327
Section 2 Collection, evaluation and purification of parental materials	328
Section 3 Biological property of flowering and fertilization.....	330
Section 4 Heredity of chief properties and expression of heterosis.....	331
Section 5 Breeding of male sterile line	332
Section 6 Selection of elite cross combination	334
Section 7 The techniques of producing hybrid F_1 seeds	336

第一章 绪 论

十字花科 (Cruciferae) 蔬菜在世界各国的蔬菜生产上占有十分重要的地位。它包括结球甘蓝、球茎甘蓝、抱子甘蓝、芥蓝、花椰菜、青花菜、大白菜、白菜、乌塌菜、紫菜薹、菜薹、薹菜、根芥菜、叶芥菜、茎芥菜、子芥菜，以及萝卜、芜菁、芜菁甘蓝、荠菜等众多个种或亚种、变种。

我国是白菜类、芥菜类蔬菜及中国萝卜的原产地，有着悠久的栽培历史和极丰富的种质资源。结球甘蓝、花椰菜等在国内各地也已广泛栽培。我国是栽培和食用十字花科蔬菜最多、最普遍的国家。近二十年来，开展优势育种，选育和利用优良的杂种一代来提高产量和品质，已为广大育种者和生产者所重视。我国在十字花科蔬菜优势育种方面虽起步较晚，但已在萝卜核一胞质雄性不育系、大白菜核基因互作雄性不育系的选育和利用，以及在大白菜、白菜、结球甘蓝、萝卜等蔬菜优良自交不亲和系选育及杂种一代选育工作中，取得了突破性进展和举世瞩目的成就。

第一节 十字花科蔬菜优势育种的成就与前景

一、十字花科蔬菜优势育种简史

通过亲本的选育、杂交组合的选配，选育出优良杂交组合，然后采取适宜的杂交制种技术获得杂种一代种子的育种方法，称为杂种优势育种，简称优势育种。

十字花科蔬菜属于雌、雄同花的异花授粉作物，其花器较小，不可能用人工授粉杂交繁育生产上所用的杂种一代种子。美国人

Pearson, O.H. (1932) 首先提出利用甘蓝的两个自交不亲和系天然杂交生产杂种一代种子。这一方法后来在日本得到完善。所以, 十字花科蔬菜的优势育种是随着 1954 年日本遗传育种学家伊藤确立了利用自交不亲和系生产杂种一代种子的体系后, 而广泛开展起来的。日本的 Tokumasa (1951) 和 Nishi (1958) 曾首先发现萝卜的雄性不育株, 并证明是由隐性核基因所控制。日本的小仓 (Ogura, 1968) 发现了由核-胞质不育基因控制的萝卜雄性不育性, 但由于经济性状不良和材料的局限, 利用这一材料所进行的萝卜优势育种进展迟缓。1972 年以来, 先后由 Pearson (1972)、Thompson (1972)、Bonnet (1975、1977)、Leung and Williams 将 Ogura 萝卜雄性不育胞质转育到黑芥、欧洲油菜、四季萝卜、结球甘蓝、大白菜等蔬菜上, 其中萝卜不育胞质转育到芸薹属作物上, 存在叶片黄化和花的蜜腺退化等不良性状, 限制了这个不育材料的应用。

我国的十字花科蔬菜优势育种研究始于 50 年代中期。60 年代初, 青岛市农业科学研究所开始进行大白菜自交不亲和系的选育, 1971 年育成了福山包头大白菜自交不亲和系及大白菜一代杂种青杂早丰。50 年代末, 国内开始利用品种间杂交选育萝卜杂种一代。60 年代末, 山东省农业科学院蔬菜研究所利用品种间杂交和苗期标记性状剔除假杂种的方法, 育成了济杂 2 号、济杂 5 号等杂种一代, 在生产上大面积推广。70 年代初以后, 国内的十字花科蔬菜优势育种得到迅速发展, 先后育成了一大批大白菜、结球甘蓝、萝卜等的 F_1 用于生产。1972 年, 郑州市蔬菜研究所首先发现金花薹萝卜不育株, 并育成萝卜核-胞质雄性不育系 48A 及相应保持系。此后, 山东省农业科学院蔬菜研究所、山西省农业科学院蔬菜研究所、沈阳市农业科学研究所等单位, 又先后育成了 77-01A、4-01A、262A^客 等中国秋冬萝卜雄性不育系及保持系, 并且很快育成了一批萝卜杂种一代推广应用于生产。1973 年, 中国农业科学院蔬菜研究所和北京市农林科学院蔬菜研究所通过选育自交不亲

和系合作育成，**京丰1号**。

1974年，沈阳农学院、中国农业科学院蔬菜研究所、南京农学院等单位，利用核隐性基因控制的大白菜、白菜雄性不育性，确立了大白菜、白菜雄性不育“两用系”的概念，并选育了一批两用系用于大白菜、白菜的杂交制种。在这项研究的基础上，沈阳市农业科学研究所于80年代中期，育成不育度和不育株率均达100%的大白菜核基因互作雄性不育系，并育成了杂种一代。此外，我国在80年代，还先后育成了四季萝卜、菜薹等蔬菜的雄性不育系，用于杂种一代的制种生产。

二、我国十字花科蔬菜优势育种的主要成就

大白菜是我国特产蔬菜，其种植面积和消费数量在北方露地蔬菜栽培中居首位。继青岛市农业科学研究所在国内首先育成大白菜自交不亲和系和杂种一代之后，70年代末至80年代初，通过自交不亲和系的选育，山东省农业科学院蔬菜研究所、北京市农林科学院蔬菜研究所、青岛市农业科学研究所等单位，育成了山东2号、山东4号、山东5号、北京106、北京100、小杂8号、青杂中丰、青杂3号、青杂4号、青杂5号、鲁白1号、鲁白2号、鲁白3号等大白菜杂种一代，并迅速在国内推广应用，且在大白菜主产区覆盖面积很快达80%以上，从而使我国大白菜栽培基本实现了高产、稳产，获得了显著的社会经济效益。获1986年国家科技进步三等奖。

70年代初期以来，中国农业科学院蔬菜研究所、北京市农林科学院蔬菜研究所、上海市农业科学院园艺研究所等单位，在广泛引进结球甘蓝种质资源选育不同类型优良自交不亲和系的基础上，育成了经济性状优良、具有不同生育期的京丰1号、报春、庆丰、夏光、晚丰、秋丰等结球甘蓝系列杂种一代。到80年代中期，这些品种在国内推广面积超过400多万亩，在我国结球甘蓝主产区，覆盖面积达60—80%。一举改变了我国结球甘蓝品种混杂、产量低

而不稳的局面。其中，京丰1号等7个早、中、晚熟系列品种获得1985年国家发明一等奖。

中国萝卜有丰富的雄性不育源，1972年以来，山东省农业科学院蔬菜研究所、郑州市蔬菜研究所、山西省农业科学院蔬菜研究所、沈阳市农业科学研究所等单位密切协作，到1988年已育成了10个不同类型的雄性不育系及保持系，并育成推广了15个杂种一代，推广面积达40多万亩。所育成的雄性不育系的遗传性稳定、不育度及不育株率均达到100%。同时研究了中国萝卜雄性不育的遗传机制及基因型，建立了雄性不育系繁育、杂交制种的程序及技术规程，从而突破了国外萝卜雄性不育系选育停滞不前的局面，在国内外十字花科蔬菜育种上，首次大面积、多品种用于杂交制种。获1989年国家发明二等奖。

在大白菜雄性不育两用系研究利用的基础上，沈阳市农业科学研究所于1976年在大白菜农家品种万泉青帮中发现了大白菜的显性雄性不育基因 S_p ，同时还证实 S_p 基因与它的显性上位可育基因 M_s 互作。这样，通过甲型不育株 $S_p S_p m s m s \times$ 乙型可育株 $s p s p m s m s$ ，育成了大白菜核基因互作雄性不育系。这种不育系具有100%的不育度和不育株率，而且遗传性稳定，杂交制种产量高，不存在生活力退化的问题。利用育成的核基因互作雄性不育系，已选育出优良的杂种一代8801 F_1 、8902 F_1 ，1989—1991年已推广种植6万多亩。获1991年农业部科技进步一等奖。

陕西省农业科学院蔬菜研究所开展了大白菜异源细胞质雄性不育系选育及应用的研究，用具有不育细胞质的甘蓝型油菜（ $2n=38$ ， $aacc$ ）作母本，与大白菜（ $2n=20$ ， aa ）杂交，获得大量种间杂种。经多代观察、鉴定，所育成的大白菜异源细胞质雄性不育系的不育株率达100%，不育度大于95%；雌蕊功能正常，蜜腺发育良好；植株生长健壮，苗期无叶片黄化现象，结球紧实；抗TuMV和霜霉病。该雄性不育系已用于组合选配和杂交制种。

1983年以来，主要蔬菜新品种选育列入国家重点科技攻关

课题。十字花科蔬菜中，大白菜、白菜、结球甘蓝育种被列入国家重点科技攻关的内容。通过遗传育种和植保专家密切配合和各单位通力协作，上述蔬菜的抗病育种取得了突破性进展。病毒病是危害大白菜、白菜、结球甘蓝等十字花科蔬菜的主要病害。现已明确，TuMV 为主要致病毒原，其次是 CMV 及 TMV 等，并且对 TuMV 的分离物进行了株系分化的研究，鉴定筛选出大白菜、白菜、结球甘蓝等蔬菜高抗 TuMV 的抗原材料。同时，还进行了多抗性的研究，已筛选出大白菜抗 TuMV，兼抗霜霉病的材料；结球甘蓝抗 TuMV，兼抗黑腐病的材料，并育成了抗两种以上病害的 F_1 品种，如北京新 1 号、小杂 56、青庆、绿宝、秦白 1 号等大白菜一代杂种，矮抗 1 号、矮抗 2 号等白菜一代杂种，中甘 8 号、中甘 9 号、西园 3 号、西园 4 号等结球甘蓝一代杂种。这些抗病 F_1 都已在生产上广泛应用。

中国秋萝卜有绿皮绿肉、绿皮红心以及白皮、红皮、淡绿皮等很多类型。北京、天津、山东等省市历来有生食萝卜的习惯。山东省农业科学院蔬菜研究所自 1974 年以来，适应生产和消费的需要，调整育种目标，由注重产量转为注重品质，开展了优质型生食萝卜杂种一代的选育。在广泛搜集种质材料的基础上，根据对萝卜主要生理、生化指标的测定和肉质根解剖结构多年的研究结果，提出和确定了优质型生食萝卜杂种一代的选育方法，先后育成了鲁萝卜 1 号、鲁萝卜 4 号、鲁萝卜 5 号、鲁萝卜 6 号等绿皮绿肉或绿皮红心的生食秋萝卜 F_1 新品种，并在生产上大面积推广应用。

我国在花椰菜、青菜花、菜薹等蔬菜上开展优势育种起步更晚些。目前，天津市农业科学院蔬菜研究所、中国农业科学院蔬菜花卉研究所、上海市农业科学院园艺研究所、广东省农业科学院经济作物研究所、广州市蔬菜研究所等单位，已先后育成了花椰菜、青花菜、菜薹等蔬菜的杂种一代新品种，正在或将在生产上推广应用。