



● 祝朋芳 主编

羽衣甘蓝

育种与栽培技术

Breeding and Cultivation Techniques
of Ornamental Kale



 辽宁科学技术出版社
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

辽宁省优秀自然科学著作

羽衣甘蓝育种与栽培技术

祝朋芳 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

主 编 祝朋芳

副主编 年玉欣 陈长青 何经海

参 编 赵 颖 毛洪玉 崔连伟 侯 阳 赵明晶 曹东煦

© 2014 祝朋芳

图书在版编目 (CIP) 数据

羽衣甘蓝育种与栽培技术 / 祝朋芳主编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2014.7

(辽宁省优秀自然科学著作)

ISBN 978-7-5381-8666-6

I. ①羽… II. ①祝… III. ①不结球甘蓝—育种 ②不结球甘蓝—蔬菜园艺 IV. ①S635.9

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第115913号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 6.25

插 页: 4

字 数: 110千字

印 数: 1~1000

出版时间: 2014年7月第1版

印刷时间: 2014年7月第1次印刷

责任编辑: 李伟民

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 李 霞

书 号: ISBN 978-7-5381-8666-6

定 价: 30.00元

联系电话: 024-23284360

邮购电话: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

《辽宁省优秀自然科学著作》评审委员会

主任:

康捷 辽宁省科学技术协会党组书记、副主席

执行副主任:

黄其励 东北电网有限公司名誉总工程师

中国工程院院士

辽宁省科学技术协会副主席

副主任:

金太元 辽宁省科学技术协会副主席

宋纯智 辽宁科学技术出版社社长兼总编辑 编审

委员:

郭永新 辽宁大学副校长

陈宝智 东北大学安全工程研究所所长

刘文明 大连船舶重工集团有限公司副总工程师

李天来 沈阳农业大学副校长

刘明国 沈阳农业大学林学院院长

邢兆凯 辽宁省林业科学研究院院长

辽宁省科学技术协会委员

吴春福 沈阳药科大学校长

辽宁省科学技术协会常委

张兰 辽宁中医药大学附属医院副院长

王恩华 中国医科大学基础医学院副院长

李伟民 辽宁科学技术出版社总编室主任 编审

前 言

羽衣甘蓝又名叶牡丹，其叶片颜色、形状均具有极高的观赏价值，耐低温，是优良的观叶类耐寒花卉，不仅适合于秋冬冷凉季节园林绿地露地应用，还可做鲜切花。

羽衣甘蓝原产于地中海沿岸，我国自20世纪90年代以来开始引种栽培，主要从美国、日本等地引进 F_1 杂交种。园林部门在引种繁育及栽培应用过程中，遇到了各种各样的问题，其中表现最突出的是在自繁留种时，后代性状分离严重，观赏性下降，无奈年年高价从国外购种。因此，要想结束国外育种公司这种垄断局面，满足辽宁省城乡绿化建设的需要，必须选育出具有自主知识产权的羽衣甘蓝新品种。

本书编者是国内率先开展羽衣甘蓝育种的研究人员之一。在10余年的研究工作中，积累了较多的种间杂交、回交、自交、雄性不育杂种优势利用、自交不亲和杂种优势利用等育种技术经验，以及适宜本土的羽衣甘蓝栽培技术方法。在此把它总结出来，并吸纳国内外同领域相关技术成果，写成此书。一方面，有利于凝练羽衣甘蓝科研思路；另一方面，希望对羽衣甘蓝育种、栽培应用从业人员的工作有所借鉴。

在本书编写过程中，恩师魏毓棠教授曾提出过宝贵的指导意见和建议；研究生康耀海、刘畅、熊勇、王卫珍、程明明、冯馨等参与了文字校对等工作；本科生关婉琪、施柳、肖鹏、杨续参与了绘图工作。一并表示感谢。

由于编者知识和经验有限，疏漏和不足之处在所难免，希望读者在学习和参考过程中提出宝贵意见，以便再版时改正。

主 编

2013年10月于沈阳

目 录

上篇 羽衣甘蓝育种技术

1 羽衣甘蓝系统分类学地位·····	003
1.1 近缘种及变种·····	003
1.2 遗传多样性·····	004
2 羽衣甘蓝繁殖生物学·····	006
2.1 植物形态·····	006
2.1.1 营养生长期形态·····	007
2.1.2 生殖生长期形态·····	007
2.2 传粉受精与种子发育·····	008
3 主要性状的遗传规律·····	009
3.1 叶型·····	009
3.2 叶色·····	010
3.3 其他相关农艺性状·····	011
4 羽衣甘蓝育种目标·····	012
4.1 改善品质·····	012
4.1.1 改善观赏品质·····	012
4.1.2 改善食用品质·····	013
4.1.3 切花型品种的选育·····	013
4.2 提高抗性·····	014

4.2.1	提高抗虫能力	014
4.2.2	选育耐低温品种	014
4.2.3	选育晚抽薹品种	014
4.3	其他	014
4.3.1	选育雄性不育系	014
4.3.2	选育自交不亲和系	014
5	羽衣甘蓝育种方法与成果	015
5.1	远缘杂交与回交	015
5.1.1	远缘杂交	015
5.1.2	回交	022
5.2	雄性不育杂种优势利用	025
5.2.1	细胞质雄性不育	026
5.2.2	细胞核雄性不育	032
5.2.3	雄性不育系的利用	034
5.3	自交不亲和杂种优势利用	036
5.3.1	自交不亲和性的测定方法	037
5.3.2	自交不亲和性的遗传机制	038
5.3.3	自交不亲和系选育	041
5.4	单倍体育种技术	044
5.4.1	人工诱导单倍体的途径	045
5.4.2	单倍体的鉴定	050
5.5	分子标记辅助选择育种	050
6	羽衣甘蓝新品种保护与审定(备案)	052
6.1	新品种保护	052
6.1.1	新品种保护的意义	052
6.1.2	申请植物新品种保护的程序	053
6.2	新品种审定与备案	054
7	羽衣甘蓝杂交种制种技术	056
7.1	播种	056

7.1.1	播种时间	056
7.1.2	播种方式	056
7.1.3	苗期管理	057
7.2	定植	057
7.2.1	定植时期	057
7.2.2	整地、施肥	057
7.2.3	定植方式	057
7.2.4	父母本比例	057
7.3	田间管理	058
7.3.1	温度	058
7.3.2	湿度	058
7.3.3	养分	058
7.3.4	病虫害防治	059
7.3.5	光照	059
7.3.6	搭架	059
7.4	杂交	059
7.4.1	隔离	059
7.4.2	去杂去劣	059
7.4.3	植株调整	060
7.4.4	杂交	060
7.5	种子采收与清选	060

下篇 羽衣甘蓝栽培技术

8	羽衣甘蓝栽培与应用概况	063
8.1	羽衣甘蓝栽培概况	063
8.2	羽衣甘蓝应用形式	063
8.2.1	观赏应用	063
8.2.2	食用	068

9 羽衣甘蓝对环境条件的要求	070
9.1 温度	070
9.1.1 耐寒能力	070
9.1.2 耐热能力	070
9.2 光照	070
9.2.1 光照强度	070
9.2.2 光照时数	071
9.3 水分	071
9.4 土壤及养分	071
10 羽衣甘蓝繁殖方法	073
10.1 播种	073
10.2 扦插	073
10.3 组织培养	073
11 羽衣甘蓝栽培管理技术要点	075
11.1 育苗	075
11.1.1 苗床育苗	075
11.1.2 穴盘育苗	076
11.2 整地	077
11.2.1 整地深度	077
11.2.2 整地时间	077
11.2.3 整地方法	078
11.2.4 作畦或作垄	078
11.3 定植	078
11.3.1 田间定植	078
11.3.2 营养钵定植	078
11.4 水分管理	079
11.5 养分管理	079
11.6 稀盆	079
11.7 中耕除草	080

11.8 病虫害防治	080
11.8.1 病害	080
11.8.2 虫害	083
12 采收	086
附图	087
羽衣甘蓝营养生长期植物形态	087
羽衣甘蓝生殖生长期植物形态	088
羽衣甘蓝杂种优势利用	089
羽衣甘蓝离体培养	090
羽衣甘蓝主要观赏性状与应用形式	091
羽衣甘蓝新品种	092
羽衣甘蓝主要病害	093
羽衣甘蓝主要虫害	094
参考文献	095

上篇 羽衣甘蓝育种技术

1 羽衣甘蓝系统分类学地位

1.1 近缘种及变种

在芸薹属 (*Brassica*) 中,有许多重要的蔬菜作物和油料作物与羽衣甘蓝有着比较近的亲缘关系,其中有白菜 (*Brassica rapa*)、甘蓝型油菜 (*B. napus*)、芥菜型油菜 (*B. juncea*)、结球甘蓝 (*B. oleracea* var. *capitata*) 等。

在芸薹属中,从分类学上的一个经典构图是芸薹属禹式三角理论,禹式三角构型把芸薹属的6个种用三角形进行了诠释,它指出3个复合种是由3个基本种两两合成而来的(图1)。

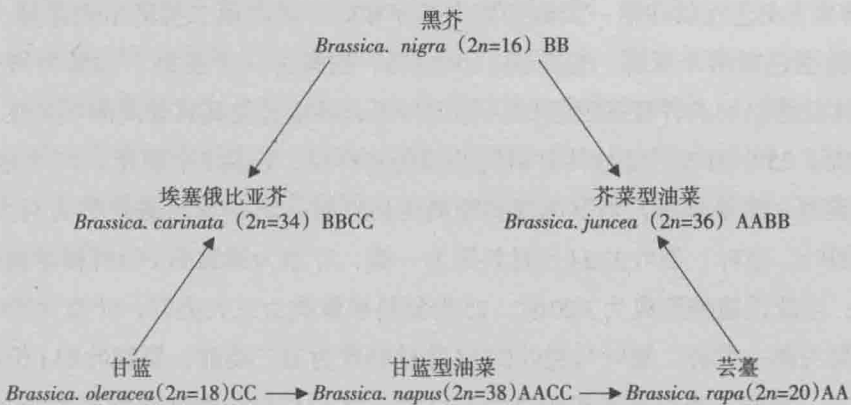


图1 芸薹属禹式三角构型

3个复合种包括芥菜型油菜 (*B. juncea*, AABB, $2n=36$)、甘蓝型油菜 (*B. napus*, AACC, AC基因组, $2n=38$) 和埃塞俄比亚芥 (*B. carinata*, BBCC, BC基因组, $2n=34$), 3个基本种包括芸薹 (*B. rapa*, AA, A基因组, $2n=20$)、甘蓝 (*B. oleracea*, CC, C基因组, $2n=18$) 和黑芥 (*B. nigra*, BB, B基因组, $2n=16$)。禹式三角清晰勾勒出了芸薹属植物有关基本种和复合种之间的亲缘关系及其进化关系。

在基本种甘蓝 (*B. oleracea*) 内,包含许多变种,这些变种形态各异,主要有:结球甘蓝 (*B. oleracea* var. *capitata*)、紫甘蓝 (*B. oleracea* var. *rubra*)、青花菜

(*B. oleracea* var. *italica*)、花椰菜 (*B. oleracea* var. *botrytis*)、抱子甘蓝 (*B. oleracea* var. *gemmifera*)、芥蓝 (*B. oleracea* var. *alboglabra*) 等。

1.2 遗传多样性

伴随人们物质生活水平发展对城市绿化美化的需求,我国从20世纪90年代开始从国外引种栽培羽衣甘蓝。但由于种子是从不同国家进口,其品种名称多种多样,且常发生不同品种名称下某些性状类似的现象,这在一定程度上对引种栽培材料的有效利用以及进一步的育种研究产生了严重影响。因此,有必要对引进的羽衣甘蓝材料间的亲缘关系及遗传背景进行系统的分析。

目前,羽衣甘蓝遗传多样性方面的研究并不多,张丽娜利用RAPD标记结合UPGMA法将14份羽衣甘蓝材料划分为4个类群。张瑜等对7份白色羽衣甘蓝进行了9个农艺性状和SRAP聚类,按农艺性状将其分为两大类群,第一类群为皱叶类型,包括两个亚群,其中名古屋、帝王为一个亚群,骑士为另一亚群;第二类群为圆叶类型,包括两个亚群,其中白舞、白鹰、火烈鸟为一个亚群,乐园为另一个亚群;SRAP与9个农艺性状在第一类群的聚类顺序相同,但在第二类群出现差异;SRAP第二类群也包括两个亚群,但乐园、火烈鸟、白舞为一个亚群,白鹰为另一个亚群。总体认为,羽衣甘蓝基因组DNA标记与形态特征分类具有较高的相关性。祝朋芳等分析了25个羽衣甘蓝遗传材料间的遗传多样性,包括7个切花、17个地被和1个食用类型,结果表明,当欧氏遗传距离为9.87时,25份材料被聚类为两大类群,叶型为圆叶、皱叶、裂叶的24份材料聚为一类,叶型为裂皱的1份材料单独聚为另一类群;当欧氏遗传距离为7.20时,25份材料被聚类为三大类群,叶型为圆叶的11份材料聚为第一类群,皱叶与裂叶的13份材料聚为第二类群,裂皱叶的1份材料单独聚为另一类群;当欧氏遗传距离为6.82时,25份材料依据叶型被聚为四大类群,即圆叶类、皱叶类、裂叶类与裂皱叶类;当欧氏遗传距离为4.35时,25份材料依据子房颜色被聚类为两大类群,即子房颜色为黄绿色的归为一类,紫红色的归为另一类。由此认为,叶型是决定亲缘关系远近的第一要素,其次是叶色。在4种基本叶型中,皱叶与裂叶的亲缘关系相对较近,裂皱叶与其他3种叶型的亲缘关系较远;在11个生殖性状中,子房颜色是决定亲缘关系远近的最主要因素。

有关羽衣甘蓝近缘的原生种、变种、品种间亲缘关系及遗传多样性的研究相对较多。Margale应用RAPD标记对法国本土的羽衣甘蓝、甘蓝及花椰菜间的亲缘关系及遗传多样性进行了分析。Farnham分析了甘蓝类蔬菜间的亲缘关系,结果显示花

椰菜与青花菜之间具有较近的亲缘关系,而芥蓝与结球甘蓝的亲缘关系更近。Divaret用RAPD标记分析了羽衣甘蓝、结球甘蓝、花椰菜间的亲缘关系与遗传多样性。Muhammet利用SSR标记对花椰菜、青花菜与结球甘蓝品种间的遗传多样性进行了分析,结果显示花椰菜与青花菜之间具有很近的亲缘关系,采用SSR标记可以将结球甘蓝与青花菜的不同品种进行分类,但尚未能明确标记花椰菜品种间的遗传多样性。Okumus与Balkaya根据产量和叶片质地等特征,探索了土耳其黑海地区20份羽衣甘蓝栽培群体的遗传多样性。王灏等利用RAPD标记分析了来自不同国家和地区的104份甘蓝型油菜种质资源的遗传多样性,结果显示,材料间的遗传距离较大,这说明此类材料的遗传多样性较丰富。田源等采用RAPD标记将甘蓝类作物分为7个类群,分别是结球甘蓝、抱子甘蓝、羽衣甘蓝、青花菜、花椰菜、皱叶甘蓝、苤蓝和芥蓝。杨华等以61份芸薹属作物为试材,分别进行SSR标记多态性结果的聚类分析和15种农艺性状调查数据的聚类分析,结果表明,两种方法都将材料聚类为两大类群,认为将两种手段相结合综合评价芸薹属作物的遗传多样性比单独采用其中任何一种方法都准确有效。陈伦林等对国内外的19个甘蓝型油菜品种的遗传多样性进行了SRAP与SSR分析。缪体云等以46份甘蓝类蔬菜为材料,利用26对SRAP引物分析了此材料的亲缘关系与遗传多样性,结果表明,在遗传相似系数为0.568处,46份材料被聚类为四大类,即两份抱子甘蓝单独为1类,其余材料则依据开花时间的先后顺序聚成3类。王冬梅以100余份甘蓝类作物为试材,分别进行14个植物学性状调查数据的聚类分析和EST-SSR标记多态性结果的聚类分析,结果表明,应用两种方法得到的聚类结果具有较高的相关性,并对一直归属不清的芥蓝的起源及亲缘关系进行了具体分析。

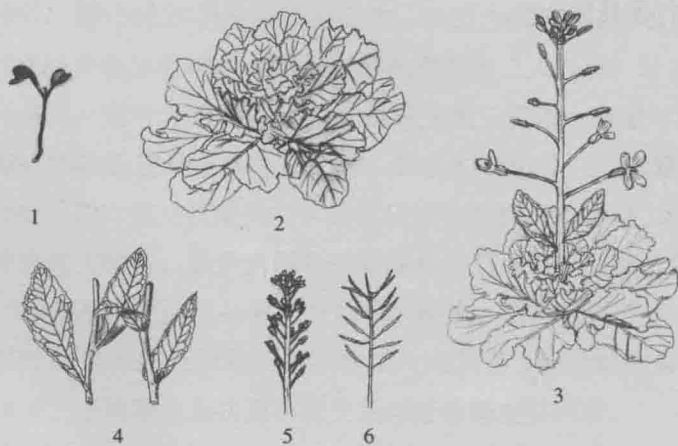
2 羽衣甘蓝繁殖生物学

2.1 植物形态

羽衣甘蓝为二年生草本植物，营养生长期与生殖生长期形态差异较大。栽培第一年进行营养生长，植株形成莲座状叶丛，第二年进行生殖生长，长日照条件下抽薹、开花、结实。

羽衣甘蓝自播种到种子采收的生长发育过程可分为6个阶段（图2）：

- （1）种子发芽期：自播种至子叶展开。此期为5~7 d。
- （2）幼苗期：自第1片真叶显露至第5片真叶展开。此期为25~30 d。
- （3）莲座期：自第5片真叶展开至植株呈现商品性状。此期为40~50 d。
- （4）抽薹期：自茎显著伸长生长（即花薹抽生）至花薹成熟。此期为30~40 d。
- （5）开花期：自植株第1朵花开至最后1朵花谢。此期为30~40 d。
- （6）角果发育成熟期：自植株第一个角果形成至最后一个角果黄熟。此期为50~60 d。



1. 子叶期 2. 莲座期 3. 抽薹开花期 4. 茎生叶 5. 总状花序 6. 果枝与角果

图2 羽衣甘蓝植物形态与生育周期

2.1.1 营养生长期形态

营养生长期是指种子播种萌发后，经历子叶期、真叶期、持续的幼苗生长期，以及逐渐进入莲座化时期的生长阶段。

羽衣甘蓝为双子叶植物，子叶出土型。子叶期1~2周，即进入真叶期。在真叶期，羽衣甘蓝栽培地区常进入冷凉季节，茎伸长不明显，叶片基生。当基生叶持续增多后，逐渐表现为莲座化（图2），即进入莲座期。在莲座期内，又可根据不同品种基生叶片数的多少分为莲座早期、莲座中期和莲座晚期。

羽衣甘蓝为须根系，主根不发达，须根较多，根层较浅，主要分布在20~30 cm的耕层内。

羽衣甘蓝营养生长期，茎短缩，其上着生叶片，为基生叶。基生叶多数，常有柄，叶柄较粗壮，常有翼。叶片平滑无毛，被蜡粉，质地较厚，呈宽大匙形。叶型可分为圆叶、波浪叶、皱叶、羽叶、裂叶等。外部叶片颜色有深绿、绿、灰绿、翠绿、黄绿等色；内叶常称为心叶，其颜色较亮丽丰富，有紫、红、粉、白、乳黄等颜色。

2.1.2 生殖生长期形态

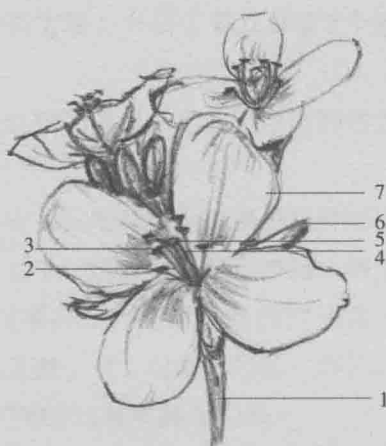
生殖生长期是指羽衣甘蓝在莲座期感受低温完成春化后，逐渐抽薹，继而开花和结实的生长阶段。

羽衣甘蓝为绿体春化型，即只有当营养体生长到一定大小时才具备感受低温的能力，从而完成春化。一般认为主根直径为0.6 cm时才具备感受低温的能力，在0~12℃低温下持续10~30 d即可完成春化。其中，保持在2~5℃条件时，完成速度相对较快。

在生殖生长期，茎伸长，直立，肉质，称花薹，此时株高可达到40~80 cm，个别品种甚至能达到120~150 cm。花薹分枝较多（图2）。

茎生叶基本叶型变化不大，但常较基生叶渐狭，个别品种有抱茎（图2）。

花序总状，顶生，较长（图2）。花冠十字形，萼片绿色，椭圆形；花瓣黄色至淡黄色，倒卵形。四强雄蕊，共6枚，4长2短（图3）。自然花期4—5月。



1. 花序梗 2. 花丝 3. 花药
4. 花柱 5. 柱头 6. 萼片 7. 花瓣

图3 羽衣甘蓝花器官形态示意图