

农业科学技术丛书



杂交油菜

四川科学技术出版社

农业科学技术丛书

杂 交 油 菜

四川大学植物遗传研究室编

四川科学技术出版社

一九八六年·成都

责任编辑：杨 旭

封面设计：曹辉禄

版面设计：何明理

农业科学技术丛书

杂 交 油 菜

四川大学植物

遗传研究室 编

出版：四川科学技术出版社

印刷：邛崃县印刷厂

发行：四川省新华书店

开本：787×1092毫米 1/32

印张：3.75

字数：76千

印数：1—3,100

版次：1986年8月第一版

印次：1986年8月第一次印刷

书号：16298·207

定价：0.65元

说 明

本书简要地介绍了杂交油菜的有关基础知识和主要类别，以及四川地区研制的孤雌生殖杂交油菜和栽培技术，可供生物科学和农业技术工作者参考。本书由四川大学植物遗传研究室编写。参加编写的有罗鹏、王晓蕙、陈海峰、石明等同志。本书承四川省农业科学研究院覃民权、刘光辉、李凤扬同志提出宝贵意见，谨此致谢。

编 者

1985年12月

目 录

第一章 杂交油菜的基础知识	1
一、油菜的分类地位及其类型划分	1
二、油菜的繁殖方式及遗传特性	4
三、油菜的花器构造和开花习性	6
四、油菜的自交和杂交技术	8
第二章 杂交油菜的杂种优势及其机制	12
第一节 杂交油菜的杂种优势	12
一、杂交油菜及杂种优势的概念	12
二、杂种优势的表现与杂交油菜的增产效果	12
三、杂交油菜杂种优势利用的若干问题	17
第二节 杂种优势的机制	22
一、显性假说 (Dominance hypothesis)	22
二、超显性假说 (Superdominance hypothesis)	26
三、非等位基因在杂种优势表现中的作用	29
四、细胞质对杂种优势表现的作用	30
第三章 杂交油菜的类别	32
第一节 雄性不育系杂交油菜	32
一、雄性不育系杂交油菜的概念	32
二、雄性不育的原因	32
三、雄性不育系杂交油菜在农业生产上的应用	34
第二节 自交不亲和系杂交油菜	53
一、自交不亲和系杂交油菜的概念及特征、特性	53

二、自交不亲和性的机理·····	54
三、自交不亲和系杂交油菜在生产上的应用·····	55
第三节 其它类型的杂交油菜·····	68
一、品种间自由杂交·····	68
二、自交系间杂交油菜·····	71
第四章 孤雌生殖来源的自交系杂交油菜·····	75
第一节 概述·····	75
第二节 孤雌生殖杂交油菜的培育及其特征、特性·····	80
一、油菜孤雌生殖单倍体的诱发、选育及其特征、特性 ·····	80
二、油菜孤雌生殖纯合自交系的培育及其特征、特性 ·····	88
三、孤雌生殖杂交油菜的培育及其特征、特性·····	90
第三节 孤雌生殖杂交油菜的化学杀雄制种·····	94
一、为什么要进行化学杀雄·····	94
二、化学杀雄的机制·····	95
三、怎样进行化学杀雄·····	96
第四节 孤雌生殖杂交油菜的栽培技术·····	103
一、适时播种, 培育壮苗·····	103
二、提高移栽质量, 保证早活早发·····	105
三、合理密植, 争取总角果数·····	106
四、合理施肥, 加强田间管理·····	107
五、加强综合防治, 控制病虫害·····	109

第一章 杂交油菜的基础知识

一、油菜的分类地位及其类型划分

油菜是十字花科 (Cruciferae) 芸苔属 (Brassica) 植物, 为生产上重要的油料作物之一。油菜由若干物种组成, 不象其他油料作物的栽培种是单一的物种 (如: 大豆、花生、芝麻等), 这就导致了油菜种类的多样性和复杂性。根据芸苔属植物的起源、进化、细胞学以及形态学特征, 可以将油

表 1—1 我国油菜栽培种所属的类型系统

类 型	白 菜 型	芥 菜 型	甘 蓝 型
体细胞染色 体 数 2n	20	36	38
主 要 种 名 称	<i>B. campestris</i> L. 白菜型原始种 (北方小油菜) <i>B. chinensis</i> var. <i>olifera</i> Mak. 白油菜、油菜白、油白菜 (南方白油菜)	<i>B. juncea</i> Coss. 大叶芥油菜 <i>B. juncea</i> var. <i>gracilis</i> H. L. 细叶芥油菜	<i>B. napus</i> L. 欧洲油菜 <i>B. napus</i> var. <i>napella chaix</i> 日本油菜

菜划分为三大类型，即甘蓝型、白菜型和芥菜型；每个类型又由若干种、变种组成。现将我国的各种油菜及其特征列表如下（表1—1、1—2）：

表 1—2 我国分布的六个油菜种的主要特征

性 状	类型和种	白 菜 型 (n=10)		芥 菜 型 (n=18)		甘 蓝 型 (n=19)	
		北 方 白油菜	南 方 白油菜	大 叶 芥油菜	细 叶 芥油菜	欧 洲 油菜	日 本 油菜
基叶形状		叶较小 倒卵形	叶中等 长倒卵形	叶大 琴状	叶较小 琴状	叶大 琴状	叶中大 琴状
基 叶 基 部 形 态		无柄、环抱茎		有 短 柄		无叶柄、 半抱茎	
花		花较大 色浓黄	花 大 色浓黄	花小、色浅黄		花 色 大 色浅黄	花 色 大 色淡黄
角 果		较长、 较宽、着 生稀	较长、 较宽、着 生较稀	较细、较 短着生密		较长、 较宽、着 生密	较长、 较宽、着 生较密
种 子		近圆形 多褐色	圆形褐 或黄色	圆形棕 或黄色	近圆形 多棕色	圆形、黑色	
千粒重		2~3克		2克左右		3~4克	
含油量		35~38%		30~35%		42%左右	
生育期		较 短		较 长		长	
抗逆性		对病毒病、霜 霉病抵抗力差		抗旱、耐瘠 性均强		抗霜霉病力强 耐寒耐湿耐肥	

油菜的三大类型在进化起源以及亲缘关系上有着密切的联系。对芸苔属植物近缘种的染色体组型分析以及人工合成属似自然界的异源多倍体等研究表明，芥菜型油菜和甘蓝型油菜均是异源多倍体，为天然的合成种。它们的构成是芸苔属的三个基本物种：黑芥、甘蓝和白菜型油菜。芥菜型油菜（ $n=18$ ）由黑芥（ $n=8$ ）和白菜型油菜（ $n=10$ ）天然杂交并使染色体加倍而来。甘蓝型油菜（ $n=19$ ）由甘蓝（ $n=9$ ）和白菜型油菜（ $n=10$ ）以同样的方式形成。还由黑芥和甘蓝天然合成了另一个合成种阿比西尼亚芥（*B. carinata*）。上述这种进化、亲缘关系可以用一个三角形来表示，一般称之为“禹氏三角”（图 1—1）。

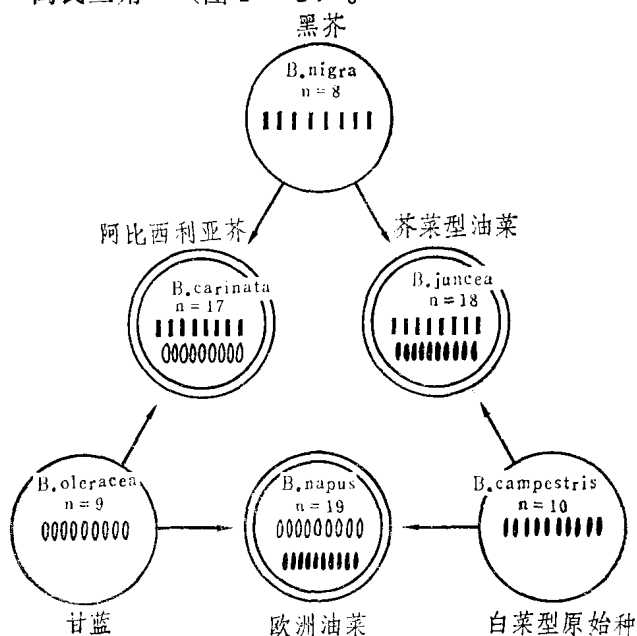


图 1—1 芸苔属植物几个种的染色体组分析图
(单圈代表基本种，双圈代表合成种，阿比西利亚芥为阿比西尼亚芥)

二、油菜的繁殖方式及遗传特性

与大多数作物一样，油菜通过有性繁殖来产生后代，即通过由减数分裂* 所产生的雌雄配子的融合而繁殖子代。根据有性繁殖作物的花器构造、开花习性、传粉情况的差异以及开花与环境条件的关系，又将有性繁殖作物分为三种：自花授粉作物（或自交作物）、异花授粉作物（或异交作物）和常异花授粉作物（或常异交作物）。自花授粉作物的繁殖方式是通过同一植株的花粉进行授粉而产生后代的。典型的自花授粉作物的自然异交率在1%以下。异花授粉作物则是通过不同植株的花粉进行授粉而繁殖后代，这类作物的自然异交率在50%以上。白菜型油菜属于异花授粉作物。常异花授粉作物的繁殖以自花授粉为主，也有异花授粉。这类作物是上述两种授粉方式的作物的中间类型。常异花授粉作物的自然异交率在5~50%之间。甘蓝型油菜和芥菜型油菜属于这类作物。

在白菜型油菜中，除中晚熟和极晚熟的品种外，大多数品种套袋自交结实率很低，而自然异花授粉则结实正常。异交率一般达85~90%以上。由于白菜型油菜是通过异株异花

※减数分裂 又叫成熟分裂。高等动植物在个体发育接近成熟阶段，进行一种染色体数目减半的特殊的细胞有丝分裂。它包括两次连续的细胞分裂过程，第一次由一个孢母细胞分裂为二个子细胞，称为二分体；第二次由二个 子 细胞分裂为四个细胞，称为四分体。四分体每个细胞中染色体数目只有原来孢母细胞的一半。因此由它发育而成的精核或卵核中染色体数目，也只有原来体细胞的一半。精卵结合形成合子，又恢复原来该物种体细胞的染色体数。减数分裂保证了每一物种染色体的数目相对稳定。

的雌雄配子结合而产生后代的，双亲的来源不同，因此合子大的遗传基础是异质的（即杂合的），自交后代性状分离很大。同一群体内不同个体间的遗传物质各不相同，在外部性状上表现出多样性。如果要从群体中选出优良的株系，必须经过连续的自交和选择才能使原来不稳定的遗传基础得以稳定。连续自交选择是培育纯合自交系的方法之一。但将选株强行自交，后代生活力将出现显著衰退，经济性状如结果率、每果粒数、角果长度、每果粒重等都显著下降。在典型的异花授粉作物中，连续单株选择一般退化严重，采用混合选择或集团选择则可以适当改进综合性状，选育出衰退较小的自交系。

甘蓝型油菜和芥菜型油菜的自交结实性高，但由于开花时雌蕊外露，容易接受外来花粉，仍有一定程度的异花授粉。甘蓝型油菜的自然异交率一般为10%左右，芥菜型油菜一般在10%以下。但在不同的地区自然异交率变化比较大。甘蓝型和芥菜型油菜的遗传基础较纯合，但仍有一定的异质性。与异花授粉的白菜型油菜相比，所选择的优良单株（一次或多次单株选择）自交后代的性状分离不明显；主要性状有相对的稳定性；连续自交后代的生活力有一定程度的衰退，但不显著。一般说来，如果自交结实率偏低，在人工控制下长期自交将对主要经济性状（如茎高、千粒重、含油量等）有明显的影响。但连续自交能够淘汰有害的隐性基因并能保持品种的纯度。因此纯化后的材料在杂种制种后会表现出明显的优势。这一点在白菜型油菜中更为突出。

甘蓝型、芥菜型和白菜型油菜繁殖方式不同的原因不在于彼此间差别不大的花器和散粉方式上，而在于自交亲和性程度的显著差异上。自交不亲和性指植株雌雄蕊都能正常发

育、开花授粉，但自交却基本上不结实。油菜的自交不亲和性由基因型决定，可以遗传和转育。这种特性是进化过程中长期自然选择的结果。自交不亲和机制的形式，可以避免自花授粉而有利于异花授粉，使物种保持有较强的竞争能力，以保证该物种的生存。

油菜的不亲和系统属于孢子型系统 (Sporophytic incompatibility system)，它的自交不亲和性体现在花粉粒及其壁上的成分与雌蕊的柱头毛或乳突细胞之间的相互关系上，即体现在二倍体细胞间的相互抑制作用上。

三、油菜的花器构造和开花习性

(一) 花器的构造

油菜的花由花柄、花托、花萼、花冠、雌蕊、雄蕊和蜜腺等部分组成。

花柄和花托：花柄为每朵花着生的小枝，它支持着花，又是茎和花相连的通道。花托为花柄的顶端部分，为花萼、花冠、雄蕊和雌蕊着生的部分，一般略膨大呈圆顶状。

花萼：油菜花是重被花，花萼、花冠分别位于内外两轮。花萼位于花的最外围，有4片分离的萼片，狭长，蕾期呈绿色，花期渐黄绿。花萼在蕾期起保护花的其它部分的作用，

花冠：由排列于花萼内方的4片花瓣组成，花朵盛开时呈十字形（此为十字花科植物花的特征），花瓣完全分离或相互重叠。颜色有淡黄、黄、鲜黄、象牙黄或乳白等多种。

雄蕊：有6枚，4长2短，称为四强雄蕊。每个雄蕊由

花丝和花药两部分组成，成熟时药室沿裂缝呈内向开裂（甘蓝型、芥菜型）或外向开裂（大多数白菜型）。成熟的黄色花粉借昆虫（主要为蜜蜂）和风力传播进行授粉。雄性不育的油菜，其四强雄蕊均退化败育，花药内没有花粉，自交不结实。

雌蕊：一枚，位于花朵正中央，由柱头、花柱和子房三部分组成，外形象小瓶。子房为雌蕊最主要的部分，内由假隔膜将子房分隔成2室，胚珠着生于两侧膜胎座上。花凋谢后花柱膨大延伸成圆锥形的果喙。柱头上有许多乳状小突起，表面能分泌一种粘液，有利于花粉的粘附和发芽。

蜜腺：有4枚，位于花朵基部，在四长雄蕊的外侧和二短雄蕊的内侧，绿色，分泌蜜汁以引诱昆虫采蜜，借以帮助传粉。

（二）开花习性

油菜花序为无限花序。一株油菜的花芽分化次序是从主花序到第一次分枝花序，再到第二次分枝花序。一个花序上花芽的分化次序是从下到上，依次分化。油菜的开花次序与花芽的分化次序一致，即主花序的花先开放，其次才是第一、二次花序上的花开放。花序上基部的花蕾先开放，然后依次向上开放，同时花序不断向上延伸。

油菜雌蕊一般在开花前5天成熟，即时可以接受花粉。开花时花粉落在柱头上约45分钟便可以发芽，花粉管伸入柱头，通过花柱到达子房中。授粉后18~24小时花粉管内的精核与胚囊中的卵细胞结合形成受精卵。受精卵发育以后成为种子。成熟种子内部无胚乳，但有胚乳残迹。胚由富含脂肪的子叶提供养料。每一子房内有25~40个胚珠，但成熟角果内一般只有20~25粒种子。

油菜一般在上午开花最多，开花对温度和湿度有一定的要求。在温度为 $18\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、湿度为85%左右时即为最适条件。开花的下限温度为 $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ ，如低于此温度往往造成花脱落，子房呈黄白色而不发育，出现分段结实现象。开花的上限温度为 30°C ，超过此温度易造成角果发育不良或完全不发育。

油菜一朵花由萼片开裂到花瓣完全平展约需 $24\sim 30$ 小时，从开放到花瓣、雄蕊完全脱落需经历 $4\sim 7$ 天。雌蕊在花开放前后各 $5\sim 7$ 天均可接受花粉。干燥保存 $5\sim 7$ 天的花粉仍有一定的发芽力，远缘花粉或经放射线、紫外线等照射过的花粉授与雌蕊可以诱发孤雌生殖，较快地获得纯合自交系。

四、油菜的自交和杂交技术

（一）自 交

油菜的自交是同一植株上同一花朵或不同花朵的花粉授在雌蕊柱头上的过程。自交的结果产生自交种子。

甘蓝型、芥菜型油菜一般自交结实性强，只要将所选择的优良单株的花序用纸袋套上，任其自然授粉，即可获得自交种子。必要时也可以辅助授粉（用本株的花粉）以提高自交结实率。

白菜型油菜以及从甘蓝型油菜中选育的自交不亲和系的自交结实率都很低。为了培育、繁殖和保存自交不亲和系，必须克服其花期的自交不亲和性。研究结果表明，开花前 $1\sim 4$ 天柱头表面形成一层由特殊蛋白质构成的“隔离层”，

是自交不亲和系孢子型系统阻止自花花粉伸入花柱参与受精过程的直接机制。开花时将这层“隔离层”除去（用刀片削去或用砂纸擦去柱头表层，甚至削去柱头的2/3，或在柱头上开孔），再授以自花花粉，可以显著提高结实率。更好的方法是在蕾期当雌蕊柱头表面的“隔离层”尚未形成时，剥蕾授以自花花粉，可以获得较多的自交种子。“隔离层”的形成时间随气温不同而异。气温高时（如在温室中）可在开花前3~4天形成，气温低时（如在大田中）一般在开花前1~2天形成。因此，花瓣已现黄色或已露花瓣的大蕾不宜作剥蕾授粉用，选用开花前2~4天的幼蕾比较适宜。若花蕾过小，由于雌蕊柱头尚未成熟，剥蕾授粉后结实率也低。

蕾期授粉的具体做法是：在花开之前罩纸袋于花序上，以避免柱头早露的雌蕊接受外来花粉，在套袋的时候将已露柱头或花瓣的花蕾以及已开放的花朵全部摘除。等到纸袋中数朵花开放时便开始剥蕾授粉。作法是用镊子将适宜的花蕾顶端剥开，让柱头外露，不去雄，然后用同株当天开放的花朵的花粉授在柱头上。随即套上纸袋，袋口绕茎秆对折后用大头针别住，以防止风吹掉或昆虫钻入带进其它株的花粉。在花序基部挂上标牌，写明自交系代号和自交日期，以后每隔2~3天再继续剥蕾授粉，直至做完一个花序为止。每做过一植株镊子和手要用酒精棉球消毒，以杀死异株花朵的花粉。一周后花瓣脱落，幼果开始膨大，此时取去纸袋。收获时按花序分收脱粒保存。

（二）杂 交

杂交是基因型不同的个体或品种进行交配的过程。从经过杂交的油菜植株上收获的种子是杂交油菜的子一代种子，

次年将此种子播下长成的植株便是杂种子一代，称为 F_1 。

油菜人工杂交程序是：选株→整序→去雄→授粉→套袋→收获。

选株：在经自交纯化的亲本材料中选择品种典型性强、发育良好的父母本植株进行杂交。

整序：在母本品种当选株的主花序上进行杂交比较合适。除留下成熟的花蕾10~20个以外，将花序基部已开花的花朵和已露花瓣的大蕾以及其余幼蕾全部摘除。

去雄：小心地用镊子剥蕾，摘去6枚雄蕊。注意切勿损伤雌蕊子房。待花序上的花蕾都去雄后，用预先采集的父本花朵（或将父本花粉粒装于一容器中，用棉球蘸花粉）进行授粉。若大量生产杂种种子或用标示性状鉴别真假杂种时，可以不进行剥蕾去雄而直接授以大量花粉。这是利用雌、雄蕊花在成熟上的时间差异（蕾期雌蕊已成熟能正常接受花粉，而雄蕊花药要迟2~3天才能成熟散粉）。

授粉：先收集花粉，从父本品种当选株上摘取当天开放的并能散粉的花朵（在大拇指指甲上轻擦可试出是否散粉），储存于一容器中备用，标明品种名称。将已去雄或剥蕾（未去雄）的母本花朵用右手握住花柄使雌蕊外露，然后逐个地涂以父本花粉。一般一朵父本花朵只授与五朵母本的花，以保证授粉量。每作完一个组合镊子和手要消毒。

套袋：授粉后将纸袋及时套上，并在花序基部挂牌，写上杂交亲本品种（如 $A \times B$ ）和杂交日期。杂交后2~3天检查一次，并随着花序和角果的延长，上提纸袋，以免被花序冲破。一周后花瓣脱落、幼果开始膨大时摘去纸袋，以利于角果正常发育。

收获：成熟时按花序分收脱粒保存，为了便于以后检查

真伪杂种，收获杂交种的同时从母本上收一个自由授粉的花序作为对照，以便分析。