



现代农业高新技术丛书

油料作物育种学

Handbook of Plant Breeding:
Oil Crops

〔奥〕 J. Vollmann 〔加〕 I. Rajcan 编著
卢长明 主译



科学出版社

现代农业高新技术丛书

Handbook of Plant Breeding: Oil Crops

油料作物育种学

〔奥〕 J. Vollmann 〔加〕 I. Rajcan 编著

卢长明 主译

科 学 出 版 社

北 京

图字：01—2011—0926 号

内 容 简 介

《油料作物育种学》用 19 章的篇幅介绍了油料作物遗传育种概论，食用与非食用植物油的遗传改良，以及 17 种油料作物（大豆、甘蓝型油菜、其他十字花科油菜、向日葵、亚麻、棉花、花生、蓖麻、油棕、椰子、橄榄、红花、罂粟、油用裸仁南瓜、油用玉米、雷斯克勒和萼距花）的育种理论、技术方法和最新研究进展。本书针对每种作物，分别介绍了该作物起源进化、品种分类、遗传资源、育种目标、育种技术方法、育种成就、生物技术和种子生产等方面内容，既涉及单子叶植物又涉及双子叶植物，既涉及生育期很短的一年生植物，也涉及寿命达 2000 年的木本植物。育种方法涵盖了无性系育种、纯系育种、杂交育种、杂交种育种和生物技术育种等方面。

本书各章均由该领域国际著名专家执笔撰写，充分反映了学科最新研究进展，是学习油料作物育种不可多得的重要参考书。本书是为育种工作者准备的，同时也可以供从事农学、分子生物学、植物生理学、植物病理学和食品科学等专业的读者参考。

Translation from the English language edition: *Handbook of Plant Breeding: Oil Crops* edited by Johann Vollmann and Istvan Rajcan
Copyright © Springer Science+Business Media, LLC 2009 All Rights Reserved

图书在版编目(CIP)数据

油料作物育种学 / (奥) Vollmann J., (加) Rajcan I. 编著; 卢长明主译. —北京: 科学出版社, 2012

(现代农业高新技术丛书)

英文书名: *Handbook of Plant Breeding: Oil Crops*

ISBN 978-7-03-033795-5

I. ①油… II. ①V…②卢… III. ①油料作物—作物育种 IV. ①S565.03

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 040131 号

责任编辑: 莫结胜 岳漫宇 / 责任校对: 林青梅
责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

信浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 3 月第一次印刷 印张: 28

字数: 624 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

译 者 名 单

主 译：卢长明

参译人员：武玉花 朱 莉 赵永国 李 均 曾新华
 张 丽 胡亚平 夏玉平 岳运峰 邢素娜
 油清波 李允静 邹 智

译者序

油料作物是以榨取油脂为主要用途的一类作物，可分为食用、兼用和非食用三类。食用油料作物是以生产食用油为主要用途的作物，如油菜、油棕、胡麻、油椰子和向日葵等。兼用油料作物是产品具有其他主要用途，同时利用种子或果实来榨油的作物，如花生、大豆、亚麻、棉花、玉米、橄榄和红花等。非食用油料作物是生产非食用油脂为目的的作物，此类油料作物种类最多，如蓖麻、油桐、油罌粟等，主要用于工业原料和制药，可作为生产肥皂、油漆、涂蜡等产品的工业原料，有时用作制药。我国的油料作物育种主要关注了第一类，而对第二类尤其是第三类关注很少；较多关注了产油量而对品质（如脂溶性物质组成、饼粕微量元素组成等）关注很少；主要关注了农民需求，而对健康和企业的需求关注较少。我国的油料作物育种需要在战略定位和育种目标上有更多思考。

油料作物多样性极高，既有生育期很短的一年生草本植物，也有寿命达 2000 多年的多年生木本植物，既有自花授粉植物，也有异花授粉植物，还有无性繁殖植物。因此，要编写一本油料作物育种学著作是一件非常具有挑战性的事情，我国迄今还没有此类著作问世，国际上也十分少见。很多油料作物，尤其是一些特殊油料作物的育种理论与方法缺乏系统总结。

本书分章总结了 17 种油料作物的育种理论、育种技术与方法，反映了这些作物育种研究的最新进展。本书涉及的作物有大豆、油菜、花生、棉花、向日葵、玉米、亚麻、橄榄、油棕、椰子、红花以及罌粟、萼距花和雷斯克勒，有的作物在我国很少涉及，资料十分珍贵。本书可供我国油料作物育种工作者、相关技术人员与学生参考。

参加本书翻译的人员是我研究室（中国农业科学院油料作物研究所基因工程与转基因安全研究室）的部分研究人员（卢长明、武玉花、李均、李允静、朱莉、曾新华）与研究生（博士研究生：胡亚平、张丽、赵永国；硕士研究生：夏玉平、邢素娜、岳运峰、油清波、邹智）。他们为此书的翻译付出了心血。具体分工如下。

翻译：卢长明（序、前言、第 2、15、17 章和第 13 章前半部分），胡亚平（第 1、6 章），夏玉平（第 5、7、10 章），岳运峰（第 9、18、19 章），张丽（第 8、11 章），邢素娜（第 3、4 章），李均（第 16 章和第 13 章后半部分），赵永国（第 14 章），油清波（第 12 章），朱莉（全书图表翻译与制作）。

校对：卢长明（第 1、2、3、4、5、9、13、15、17 章），武玉花（第 12、18、19 章），赵永国（第 7、8、10 章），曾新华（第 6、16 章），李允静（第 14 章），邹智（第 11 章）。卢长明负责全书稿复校与文字润色。

译者希望本书的出版为我国油料作物育种研究提供一本有价值的参考资料。翻译此书，译者力求准确流畅，但由于水平有限，对原著的理解可能产生偏差，希望广大读者批评指正。

译者

2011 年 6 月 1 日

中文版序

过去几十年里，植物油的重要性节节攀升，油料作物作为原材料在食品、饲料和非食品工业中的利用越来越广。通过植物育种，尤其是高产和高含油量育种，增加了单位面积产油量，为支持油料作物的发展作出了重要贡献。而且，通过油料作物品质育种提高了植物油的营养价值，并创造出满足特殊工业原料需求的特殊植物油。

中国是油料作物生产和消费大国。大豆、油菜、棉花、花生和向日葵种植面积很大，而且有多种次要油料作物在地区经济中占有重要地位。此外，中国油料作物育种已取得杰出的成就，中国的种质资源举世公认并在许多世界育种计划中发挥作用。

作为《油料作物育种学》一书的编著者，我们非常荣幸，也很高兴地将我们著作的中文版作为油料作物的重要参考资料推荐给中国的研究人员和学生。我们要感谢卢长明教授，他倡议将这本书翻译成中文，他和他的专业团队所在的中国农业科学院油料作物研究所（湖北武汉）在国际合作方面作出了很大贡献。我们相信，他们付出的重大努力将有助于进一步推动中国乃至世界的油料作物研究。

Johann Vollmann 于奥地利维也纳

Istvan Rajcan 于加拿大安大略省圭尔夫

序

当你有幸长期从事某个专业，在面对挑战和解决问题的迎来送往之中，一定会发现科学的发展日新月异。纵观过去 30 年植物科学的发展历程，农业研究也不例外。例如，过去曾一度辉煌的植物生理学现在已几乎全部被人遗忘，取而代之的是更为先进的植物分子生物学。昔日的“美国植物生理学家学会”现已被“美国植物分子生物学学会”取代。超越传统学科的局限，从植物代谢遗传调控的角度认识生物现象的本质成为生物学发展的必然趋势。然而，当新的学科洞开一扇扇窗户，将光亮投向生物学现象的内在机理的时候，植物生理学、生物化学和分析化学等传统学科开始从显要位置淡出。此时此刻，人们可能会带着淡淡的怀旧之情，缅怀过往。

无意在此论及达尔文进化论，植物科学的竞争一直非常激烈。科学技术是学科发展的核心。一个学科的领军人物都是那些发展和践行创新理念的人。他们每迈出积极的一步，都会得到认可并推动学科发展，同时也为解决相关问题提供最新方法。

因此，习惯使用统计分析和经典数量遗传学的育种家们，如何在今天应对生物技术、基因组学和蛋白质组学等的发展显得非常重要。随着高通量全基因组测序技术的发展，可资利用的生物信息资源将越来越丰富，用品种资源和分离的育种后代解析品种单倍体型不久将成为科学家们的日常工作。是否可以告诉育种家用哪两个亲本杂交能实现特定的育种目标呢？无疑，有趣的对话随之展开，但总的说来，揭开植物学谜团对所有相关专业都应该看做是好事。

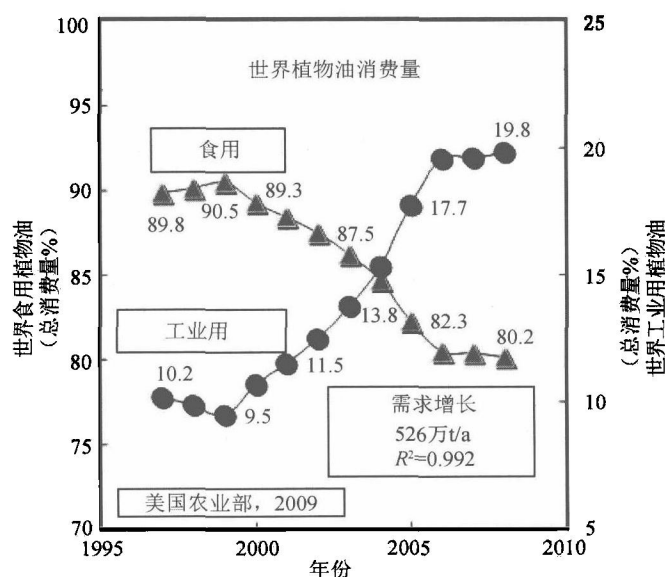
医生可以借助诊疗新技术和新药提高治疗水平。NASCAR（美国全国汽车比赛协会）的驾驶员可以借助计算机信号等先进手段了解赛车各方面性能和提高驾驶水平。育种和数量遗传也是同样道理。将性状表现与基因型联系起来需要知识和技能。要将那些辅助育种手段成功应用于实践，还有很多工作要做。随着功能基因组等新兴学科的发展，植物数量遗传学在解决关键科学问题和促进世界农业发展方面将迸发出巨大潜能。

就油料作物来说，我们需要什么？美国农业部对外农业服务局的报告显示，按世界产量排名，大豆（56.0%）、油菜（13.4%）、棉子（10.1%）、花生（8.1%）、向日葵（8.0%）、棕榈加棕榈仁（2.8%）是主要的油籽作物。这些油料作物基本上代表了商业植物蛋白和油脂的全部来源。1997 年以来，全世界年均植物油消费量是植物油总供应量的 90.0% 左右，年末平均储量可以满足一个月消费。而全世界年均油籽饼粕消费量占总供给的 95.7%，年末平均储量相当于 11 天的余量。这些趋势表明，消费者对这些产品的需求受到供应的限制，而任何限制油料作物生产的自然灾害都可能威胁到全球食物安全。

几十年来，美国和其他国家油籽压榨能力显著增加，平均压榨率是世界油籽产量的 81% 左右。但由于要服务出口市场，已不太可能通过显著提高油籽压榨水平来增加油脂和饼粕的供应量。因此，确保油料供应充足才能满足人们对蛋白质和脂肪的弹性

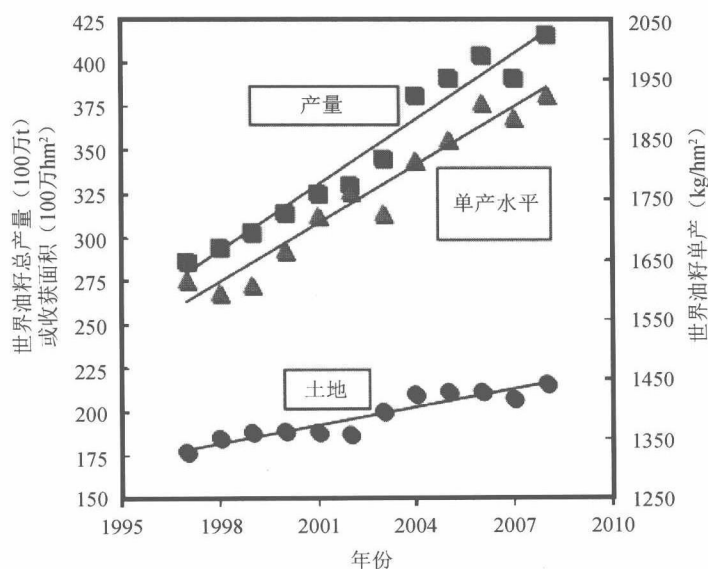
需求，也是对减轻世界粮食缺乏作出的重要贡献。

但最近几年，出现了一些约束因素，这些因素减缓了全球食用油籽产量的增加。最突出的因素是植物油被用来生产生物柴油，因为每年全球植物油资源对于能源需求不过是杯水车薪。但是，如下图所示，食品和工业对植物油直接需求产生的市场力量似乎已经建立起暂时的平衡点：80%（食品）：20%（工业）。这种状态也许会保持相当长时间，成为调节油料产品市场的主要力量。另外，工业用油料作物，如雷斯克勒（lesquerella）、萼距花（cuphea）和各种非食用转基因产品的育种和商业化将有利于稳定这种局面。



油籽加工企业可能认为农民可以通过增加种植面积增加油料产量，因此高产育种不是最主要目标。然而，考虑到油籽生产成本的增加以及与非油料作物竞争土地等因素，国家向油料增加农业资源的空间是有限的。在此，我们来看看 1997 年以来油料作物种植面积增长率的数据，也许从中可以得到未来数年还有多少面积可以增加的最好估计。回归分析显示，世界油籽产量增长率为每年 345 万 hm^2 ($R^2=0.88$)。假设回归线的延续仍然是线性的，那么 2020 年全球的油籽总产量可能是 2.58 亿 hm^2 ，比 2008 年提高约 4100 万 hm^2 。人们必须知道这个差异是否能满足社会发展的需求。

在增加产量的诸多因素中，如果未来种植面积的增加出现问题则压力会更大。回归分析表明，世界油籽产量的增长率是每年 1250 万 t ($R^2=0.96$)，假设回归线的延续仍然是线性，那么 2020 年全球的油籽总产量可能是 7.04 亿 t，比 2008 年提高约 19 600 万 t。而且，假设种植面积可达 2.58 亿 hm^2 ，用简单算术计算得知，2020 年世界油料平均产量应达到 2.7 t/ hm^2 左右。如果不增加土地，2020 年世界油料平均产量应该是 3.2 t/ hm^2 。按 2008 年全球油料平均产量为 1.9 t/ hm^2 计算，达到这个水平要求油料作物的总产量平均增加 40%，如果不增加土地则要求增产 70%。



过去十年，全球油料产量平均只增加了 20%，未来十年油料作物的发展将在很大程度上依托油料作物生物技术与基因组学的发展和应用。这些技术将为油料作物的遗传改良带来全新的机遇。但是，现在所有这些都要依靠数量遗传学的复兴和现代生物技术的应用，为此寄希望于下一代油料作物育种工作者，努力培养油料作物育种的接班人时不可待。

Richard F. Wilson (美国北卡罗来纳州洛利市)
(卢长明 译)

前 言

过去几十年，植物油的地位节节攀升，世界植物油产量在过去 25 年内翻了一番。越来越多的食品、饲料和工业产品采用植物油做原料。在植物油的发展过程中，植物育种起了关键作用：通过高产和高含油量育种，显著提高了油料作物的单位面积产油量；通过品质育种，不但改善了食用油的营养价值，还改善了工业用油的适用性。而且，通过开发独特品质的新型油脂，正在为农业生产与加工创造新的机会。

无论是谷类、豆类还是饲料类作物一般都由相近的一类物种构成。它们具有相似的植物学特性，一般属于同一个科或少数几个科，因此育种方法也相似。相反，油料作物包括不同植物科属的物种，既包括单子叶植物，也包括双子叶植物。油料作物多样性很高，既有生育期很短的一年生植物，也有寿命达 2000 年的多年生植物。因此，油料作物育种方法既包括无性系育种和纯系育种，也包括开放授粉群体育种和杂交种育种。油料作物育种几乎涉及植物育种的所有技术与方法，包括最简单的混合选择和生物技术（如试管繁殖或基因工程）的应用。不同物种的育种水平具有差异，但它们的主要育种目标非常相似。所有油料作物的育种目标都包括提高含油量和改变脂肪酸组成，改善营养和加工品质，以及提高副产品品质等内容。因此，本书将它们合为一集讨论。而且，有些问题是所有油料作物育种家共同感兴趣的，如脂肪酸的生物合成与基因调控、品质性状的 QTL 分析、遗传多样性以及选种时脂肪酸和油脂分析方法等。因此，本书汇集油料作物育种研究最新进展，为油料作物育种提供一本重要参考书，这种书在过去几十年都是空白。本书是为育种工作者准备的，同时也可以供从事农学、分子生物学、植物生理学、植物病理学和食品科学等专业的读者参考。

本书除了第 1 章和第 2 章以外，其他 17 章都是专门讨论某一油料作物的育种。涉及的油料作物有世界范围广泛栽培的大豆、向日葵和油菜，热带和亚热带物种棉花、花生、蓖麻、油棕、椰子和橄榄，还有局部分布的次要油料作物如红花、罂粟、油南瓜和玉米，以及新型油料作物雷斯克勒（*lesquerella*）和萼距花（*cuphea*）。针对每种作物，分别介绍该作物的起源进化、品种类别、遗传资源、主要育种成就，以及现代育种目标、育种技术方法及生物技术和种子生产。

每种作物的书稿均由该作物的著名专家执笔。为了全面合理地反映本作物和相关议题的内容，每章都由不同国家和不同单位的作者共同编写。

作为本书的编者，我们要感谢每章的作者为完成书稿付出的大量心血，是他们出色的工作保证了书稿的质量。我们还要感谢 Springer 出版社的工作人员，特别是 Hannah Schorr 和 Jinnie Kim，他们在本书出版过程中给予了非常专业的支持。感谢 Springer 出版社植物育种系列丛书主编 Jaime Prohens 教授、Fernando Nuez 教授和 Marcelo Carena 教授，是他们决定将油料作物作为一卷出版并且为本书提供了帮助。

Johann Vollmann（奥地利维也纳）

Istvan Rajcan（加拿大安大略州圭尔夫）

（卢长明 译）

目 录

译者序

中文版序

序

前言

第 1 章 油料作物遗传育种	1
1.1 引言	1
1.2 作物驯化与遗传多样性	3
1.2.1 油料作物的驯化	3
1.2.2 油料作物种质资源	4
1.2.3 油料作物的遗传多样性研究举例	6
1.3 油料作物育种大事记	7
1.4 育种目标	9
1.4.1 含油量	9
1.4.2 种子成分的改变及其在保健和工业上的应用	14
1.5 油料作物育种展望	15
1.5.1 技术	15
1.5.2 生物学	16
1.5.3 利用	16
参考文献	16
第 2 章 食用与非食用植物油的遗传改良	25
2.1 引言	25
2.2 食用油脂脂肪酸组成的遗传改良	25
2.2.1 脂肪酸组成与油脂的功能	25
2.2.2 改良脂肪酸组成的传统育种方法	25
2.2.3 利用生物技术改良大豆脂肪酸组成	26
2.3 下一代的食用油： ω -3 长链脂肪酸种子油	27
2.3.1 在植物种子中导入复杂的代谢途径	27
2.3.2 用植物生产长链多不饱和脂肪酸	30
2.3.3 在植物中通过 $\Delta 6$ 需氧去饱和酶途径生产 EPA	30
2.3.4 在植物中利用 $\Delta 9$ 延长酶途径生产 EPA	32
2.3.5 在植物中利用需氧延长/去饱和反应途径生产 DHA	33
2.3.6 在植物中利用需氧聚酮合成酶途径生产 DHA	34
2.4 非食用植物油遗传改良	34
2.4.1 非食用植物油市场	34
2.4.2 高油酸大豆油	34
2.4.3 利用大豆代谢基因工程技术生产工业用高价值脂肪酸油脂	35

参考文献	37
第3章 大豆	45
3.1 引言	45
3.2 栽培大豆的起源与进化	46
3.3 品种类别	47
3.4 遗传资源	49
3.5 主要育种成就	51
3.6 育种目标	54
3.6.1 高含油量	55
3.6.2 脂肪酸成分的改良	55
3.6.3 低饱和脂肪酸	55
3.6.4 高饱和脂肪酸	55
3.6.5 高单不饱和脂肪酸	55
3.6.6 减少反式脂肪酸	56
3.6.7 增加多不饱和脂肪酸	56
3.6.8 增加种子的营养价值	56
3.7 育种方法与技术	57
3.7.1 育种的效果	57
3.7.2 遗传改良的原因	57
3.7.3 亲本和群体结构	58
3.7.4 杂交后代的加代与纯合化处理	59
3.7.5 参与式植物育种	59
3.7.6 纯系选择	60
3.7.7 品种内变异	60
3.7.8 新技术在植物育种管理中的应用	60
3.8 新型生物技术在育种中的应用	61
3.8.1 减少饱和脂肪酸——种质资源与生物技术	62
3.8.2 增加饱和脂肪酸——种质资源与生物技术	62
3.8.3 高油酸——种质资源与生物技术	62
3.8.4 低亚麻酸——种质资源与生物技术	63
3.8.5 高多不饱和脂肪酸——种质资源与生物技术	63
3.8.6 油脂中的高价值成分	64
参考文献	64
第4章 油菜	71
4.1 引言	71
4.2 起源和驯化	71
4.3 品种类别	72
4.4 遗传资源	72
4.4.1 油菜的初级基因库及其遗传多样性	72
4.4.2 利用种间杂交扩大遗传变异	74

4.5	主要育种成就	76
4.6	育种目标	77
4.6.1	种子产量和油脂产量的潜力及稳定性	78
4.6.2	种子成分育种	79
4.7	育种方法与技术	80
4.7.1	传统品系育种	80
4.7.2	杂交油菜育种与细胞质雄性不育系统	81
4.8	新型生物技术在育种中的应用	83
4.8.1	组织培养与单倍体育种技术	83
4.8.2	转基因技术	83
4.8.3	遗传图、基因组分析和分子标记辅助选择育种	84
4.9	种子生产	88
	参考文献	90
第5章	芸薹属其他油料作物	98
5.1	引言	98
5.2	起源和驯化	98
5.2.1	白菜型油菜	99
5.2.2	芥菜型油菜	99
5.2.3	埃塞俄比亚芥油菜	99
5.3	品种类别	99
5.3.1	开放授粉品种、综合品种和杂交品种	99
5.3.2	冬性和春性品种	100
5.3.3	野生型、单低和双低品种	100
5.4	遗传资源	100
5.5	主要育种成就	101
5.5.1	油品质	101
5.5.2	饼粕质量	101
5.6	育种目标	102
5.6.1	产量和适应性	102
5.6.2	春化条件与开花期	102
5.6.3	雄性不育	102
5.6.4	自交亲和性	102
5.6.5	种子颜色、含油量、蛋白质含量与纤维素含量	103
5.6.6	油的品质	103
5.6.7	饼粕质量	103
5.6.8	抗病	104
5.6.9	抗虫性	104
5.7	育种方法与技术	104
5.7.1	新型变异来源	104
5.7.2	株系与群体品种的选育	105
5.7.3	杂交种的选育	106

5.7.4 育种技术	106
5.8 新型生物技术在育种的应用	107
5.8.1 遗传标记与遗传连锁图	108
5.8.2 分子育种	109
5.8.3 分子标记辅助选择	111
5.8.4 转基因育种	111
5.9 种子生产	111
参考文献	112
第6章 向日葵	120
6.1 引言	120
6.2 起源和驯化	120
6.3 品种类别	123
6.4 遗传资源	124
6.4.1 种质资源的收集和保护	124
6.4.2 种质资源的评价	125
6.5 主要育种成就	130
6.5.1 前苏联高含油量种质的开发	130
6.5.2 利用自交系进行杂交的方法	130
6.5.3 新型油脂的开发	131
6.6 育种目标	131
6.6.1 种子产量	131
6.6.2 形态及生理性状	132
6.7 育种方法与技术	139
6.7.1 育种方法	139
6.7.2 育种技术	145
6.8 新型生物技术在育种中的应用	149
6.8.1 向日葵的遗传标记与遗传连锁图	149
6.8.2 分子育种	154
6.8.3 转基因育种	163
6.9 种子生产	164
6.9.1 父母本的保持和扩繁	164
6.9.2 商业杂交种子的生产	165
参考文献	166
第7章 亚麻	185
7.1 生产和利用	185
7.2 起源和分类	186
7.3 品种开发	187
7.4 育种目标	190
7.4.1 产量	190
7.4.2 成熟期	190

7.4.3	抗倒伏性	190
7.4.4	籽粒品质	191
7.5	种质资源	194
7.6	育种程序	195
7.6.1	亲本的选择	195
7.6.2	亲本结合的方法	195
7.6.3	育种方法	196
7.7	结语	198
	参考文献	198
第8章	棉花	201
8.1	引言	201
8.2	起源和驯化	201
8.2.1	棉属的分类	203
8.2.2	驯化	204
8.3	品种类别	205
8.4	遗传资源	206
8.5	主要育种成就	208
8.5.1	寄主抗性	208
8.5.2	非生物胁迫耐受性	209
8.5.3	农艺适应性	209
8.5.4	纤维品质	210
8.5.5	种子性状	210
8.6	育种目标	211
8.6.1	美国农业部	211
8.6.2	州立大学	212
8.6.3	私人公司	212
8.7	育种方法与技术	214
8.8	新型生物技术在育种中的应用	215
8.9	种子生产	217
	参考文献	217
第9章	花生	223
9.1	引言	223
9.2	起源和驯化	224
9.3	品种类别	226
9.3.1	市场类型	227
9.4	遗传资源	228
9.5	主要育种成就	228
9.5.1	佛罗兰娜品种	229
9.5.2	高油酸含量	229
9.5.3	叶斑病、根结线虫病和斑萎病抗性	230

9.6	花生育种目标	231
9.6.1	面向农民的育种目标	231
9.6.2	面向种子生产企业和脱壳企业的育种目标	232
9.6.3	面向产品加工企业和消费者的育种目标	232
9.7	育种方法与技术	233
9.8	新型生物技术在花生育种中的应用	234
9.8.1	花生分子标记	234
9.8.2	花生分子图谱	235
9.8.3	花生基因序列分析	236
9.8.4	反向遗传学技术	236
9.8.5	花生遗传转化	237
9.9	种子生产	237
	参考文献	238
第10章	蓖麻	247
10.1	引言	247
10.2	起源和驯化	247
10.3	品种类别	248
10.4	遗传资源	249
10.5	主要育种成就	249
10.5.1	脂肪酸组成	249
10.5.2	蓖麻毒素	250
10.5.3	蓖麻过敏原	251
10.5.4	质量性状	251
10.5.5	数量性状	252
10.6	育种方法与技术	253
10.6.1	群体选择法	253
10.6.2	单株选择与子代测定	253
10.6.3	有性杂交的方法	253
10.7	新型生物技术在育种中的应用	255
10.8	种子生产	255
	参考文献	255
第11章	油棕	259
11.1	引言	259
11.2	起源和驯化	259
11.3	品种类别	260
11.4	遗传资源	262
11.5	主要育种成就	263
11.5.1	Tenera 杂交改良	263
11.5.2	纯化改良	264
11.5.3	其他性状的改良	264

11.6	育种目标	265
11.6.1	产油量	265
11.6.2	油品质	266
11.7	育种方法与技术	267
11.7.1	育种方法	267
11.7.2	育种技术	269
11.7.3	田间实验技术	270
11.8	新型生物技术在油棕育种中的应用	272
11.8.1	利用组织培养技术对油棕进行无性繁殖	272
11.8.2	组织培养程序	273
11.8.3	油棕无性系的商业化种植	275
11.8.4	无性系的保真度和表现检测	275
11.8.5	分子育种	276
11.9	商业种子的加工	277
11.10	油棕种子市场	278
11.11	结语	279
	参考文献	279
第12章	椰子	286
12.1	引言	286
12.2	起源和驯化	287
12.3	品种类别	288
12.4	遗传资源	290
12.5	育种主要成就	291
12.6	育种目标	294
12.7	育种方法与技术	295
12.8	新型生物技术在椰子育种中的应用	296
12.8.1	遗传多样性分析	297
12.8.2	遗传系谱关系	297
12.8.3	杂种测试与品种鉴定	299
12.8.4	椰子的体细胞克隆变异	299
12.8.5	连锁图和 QTL 定位	299
12.8.6	同线性研究	300
12.8.7	离体培养	300
12.9	种子生产	301
	参考文献	301
第13章	橄榄	307
13.1	引言	307
13.1.1	作物的重要性和生产区域	307
13.1.2	橄榄栽培的主要问题	307
13.1.3	橄榄油的类型和特性	307