

Mechanization Technology of
Rape Production

油菜生产 机械化技术

廖庆喜 主编



科学出版社

油菜生产机械化技术

廖庆喜 主编

科学出版社
北 京

内 容 简 介

本书从油菜生产实践出发,系统介绍了油菜作物、油菜生产和现阶段机械化发展概况,油菜种植、收获及产后加工处理等关键环节的相关机械化技术与先进适用装备,以及油菜生产机械化农机农艺配套技术和油菜生产机械化的发展趋势。

本书可供油菜生产机械化技术与装备研发制造人员、农机与农技管理和推广部门技术骨干、油菜种植和农机操作人员阅读,也可供农业机械化及其自动化专业本科生、农学专业本科生、农业工程专业研究生等相关专业学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

油菜生产机械化技术 / 廖庆喜主编. —北京: 科学出版社, 2018. 1
ISBN 978-7-03-056356-9

I. 油… II. 廖… III. 油菜—蔬菜园艺—机械化栽培 IV. S634.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 013237 号

责任编辑: 席 慧 张静秋 / 责任校对: 郑金红
责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 迷底书装

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张: 6

字数: 120 000

定价: 26.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《油菜生产机械化技术》编写委员会

主 编 廖庆喜

副 主 编 廖宜涛 丁幼春

编写人员 (按姓氏笔画排序)

丁幼春 李文林 肖文立

张青松 周广生 黄 凰

舒彩霞 廖庆喜 廖宜涛



序

中国是油菜种植大国，但食用油自给率不足 40%，近年来油菜在饲料、绿肥、蔬菜、能源、旅游、蜜源等多个方面得到了广泛开发，但机械化水平低、技术层次低已成为制约我国油菜生产发展的瓶颈，该书的出版，为我国油菜生产全程机械化装备的发展路径指明了方向。

该书首先从油菜作物种植基本情况出发，概述了我国油菜生产机械化现状，并从油菜种植机械、油菜收获机械、油菜产后加工技术与装备、油菜生产机械化农机农艺配套技术及油菜生产机械化发展趋势等方面进行了全面翔实的介绍，融科学性、科普性、启发性和创新性于一体，具体说来：

科学性 用数据全面反映了我国油菜生产机械化的现状与世界先进水平的差距，说明了油菜生产环节要素（如水、肥、土、机）对油菜生长的量化指标要求，说明了油菜全程机械化中对机具的总体技术要求与结构要求，为油菜生产机械化装备的推广、选型乃至研发提供了可靠的第一手资料。

科普性 用图表直观的方式介绍了我国油菜种植的总体情况与发展，介绍了油菜生长特点与农艺要求，通过机械结构剖析展现了油菜生产全程机械化过程中各种机具与装备优缺点、关键技术与发展方向，为油菜种植农户、机手、油菜育种、栽培研究以及油菜生产装备研发的科研工作者提供了参考。

启发性 指明了油菜生产全程机械化中的关键薄弱技术问题，对读者，特别是油菜生产装备研发的科研工作者是一种启迪与视野的扩展；其中“油菜生产机械化农机农艺配套技术”这一章强调了农机一定要与农艺结合，农艺技术也必须考虑农机装备的现实性，为油菜农艺专家、农机专家的深度融合提供了思路。

创新性 引领油菜生产机械化技术与装备最前沿，如在第二章油菜种植技术与装备中提出的精密、精量播种气流输送式排种技术与装置、中央集排离心式排种技术与装置，在第三章油菜收获机械中提出的中间铺放 4SY 型油菜割晒机等，都是作者最新研发的新装置新机具，对推动油菜生产全程机械化具有重要的引领与示范作用。

中国工程院院士 傅元樑

2017 年 7 月 20 日



前 言

我国是油菜生产大国，长期以来由于机械化水平低下导致油菜产业生产成本低、效益低，截至 2016 年我国油菜的机械化播种水平仅为 22.01%，机械化收获水平不足 30%，生产过程中人工成本占总成本的 60% 以上，机械化水平低、技术层次低已成为制约油菜产业发展的瓶颈。为总结油菜生产机械化技术，提升油菜生产机械化水平和促进油菜产业的发展，编者结合多年的油菜生产技术与装备的研究成果与生产实践经验编写了本书。

本书由华中农业大学廖庆喜主编（编写第一、二章和第六章部分内容），参与编写的其他人员有张青松（编写第一章）、廖宜涛（编写第二章直播机械部分）、肖文立（编写第二章移栽机械部分）、丁幼春（编写第三章联合收获部分）、舒彩霞（编写第三章分段收获部分）、李文林（编写第四章）、周广生（编写第五章）、黄凰（编写第六章）。上述编者均长期从事油菜生产机械化技术与装备、油菜育种与栽培、油菜籽精深加工与利用等领域的科学研究与技术推广工作。

本书围绕油菜生产全程机械化系统介绍了油菜作物、油菜生产和现阶段机械化发展概况；详细介绍了油菜种植、收获及产后加工处理等关键环节的相关机械化技术与先进适用装备；提炼总结了油菜生产机械化农机农艺配套技术和油菜生产机械化的发展趋势。本书从油菜生产实践出发，由浅入深，内容丰富，融科学性、先进性和实用性于一体，可供油菜生产机械化技术与装备研发制造人员、农机与农技管理和推广部门技术骨干、农业合作社经营管理人员、油菜种植农户、农机手阅读，也可供农业机械化及其自动化专业本科生、农学专业本科生、农业工程专业研究生参考。

本书部分图片引自他人文献，在此表示感谢。由于编者水平和经验有限，书中难免存在不足和疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2017 年 9 月 1 日



目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
第一节 油菜作物简介	1
第二节 油菜生产及机械化概况	3
第二章 油菜种植技术与装备	11
第一节 油菜种植农艺要求	11
第二节 油菜直播机械	14
第三节 油菜移栽机械	24
第四节 油菜生产施肥与施药技术	27
第三章 油菜收获机械	32
第一节 油菜联合收获机	32
第二节 油菜分段收获机械	43
第四章 油菜产后加工技术与装备	53
第一节 油菜籽产后采收技术与装备	53
第二节 油菜籽加工技术与装备	57
第三节 油菜籽加工新技术与装备	63
第五章 油菜生产机械化农机农艺配套技术	69
第一节 油菜种植农机农艺配套技术	69
第二节 油菜收获机械农机农艺配套技术	74
第六章 油菜生产机械化发展趋势	76
第一节 油菜生产机械化发展与展望	76
第二节 油菜生产主要技术发展方向	78
思考题	81
主要参考文献	82



第一章

绪 论

油菜属于十字花科芸薹属，是一年生草本植物，重要的油料作物。中国是油菜的起源地之一，种植历史已有几千年。油菜是我国种植面积最大的油料作物，但由于机械化水平低下导致其生产成本低、效益低，这已成为制约油菜产业发展的瓶颈。

第一节 油菜作物简介

1. 油菜类型与性状

油菜按类型可分为白菜型、芥菜型和甘蓝型。白菜型分为北方小油菜和南方油白菜；芥菜型分为大叶芥油菜和细叶芥油菜；甘蓝型原产于欧洲，适应性广。三种类型油菜的主要性状如表 1-1 和图 1-1 所示。

表 1-1 油菜三大类型主要性状比较

类型		白菜型	芥菜型	甘蓝型
来源	基本种	复合种 (黑芥与白菜型杂交)	复合种 (甘蓝与白菜型杂交)	
特征特性	植株	株型一般较矮小，分枝少或中等，分枝部位较低	株型高大、松散，分枝性强，分枝部位较高	株型中等，分枝性中等，分枝较粗壮
	根系	不发达	主根发达，根系木质化早，木质化程度高	发育中等，支细根发达
	叶	叶椭圆，多或少刺毛，薄被蜡粉，有明显缺刻，薹茎叶抱茎着生	叶片较大，粗糙有茸毛，密被蜡粉，叶缘锯齿状，薹茎叶有明显叶柄	苗期叶色较深，叶面被蜡粉，缺刻明显，薹茎叶半抱茎着生
	花	刚开的花朵高于花蕾，花药外向开裂，花瓣重叠或呈覆瓦状	花较小，花瓣平展分离，花药内向开裂	花较大，刚开时花朵低于花蕾，花瓣平滑，侧叠，花药内向开裂
	角果	较肥大，与果轴夹角中等	细而短，与果轴夹角小	长，多与果轴垂直

续表

类型		白菜型	芥菜型	甘蓝型
特征 特性	籽粒	大小不一,千粒重 2~4g, 种皮表面网纹较浅	较小, 千粒重 2.5~3.5g, 种皮表面网纹明显, 有辛辣味	较大, 千粒重 3~4.5g, 种皮表面网纹浅
	生育期	60~80 天	80~110 天	90~260 天
农艺 性状	抗逆性	耐霜冻、耐湿, 但耐旱性、抗 (耐) 病性较差	耐寒、耐旱、耐瘠性都较强, 抗 (耐) 病性居中	耐寒、耐湿、耐肥、抗 (耐) 病性较强
	裂果性	抗裂果性较强, 不易裂果	抗裂果性强, 不易裂果	抗裂果性不强, 易裂果
	倒伏性	易倒伏	抗倒伏	多数品种抗倒伏
产量潜力		产量低、不稳定	产量较高	产量高, 潜力大

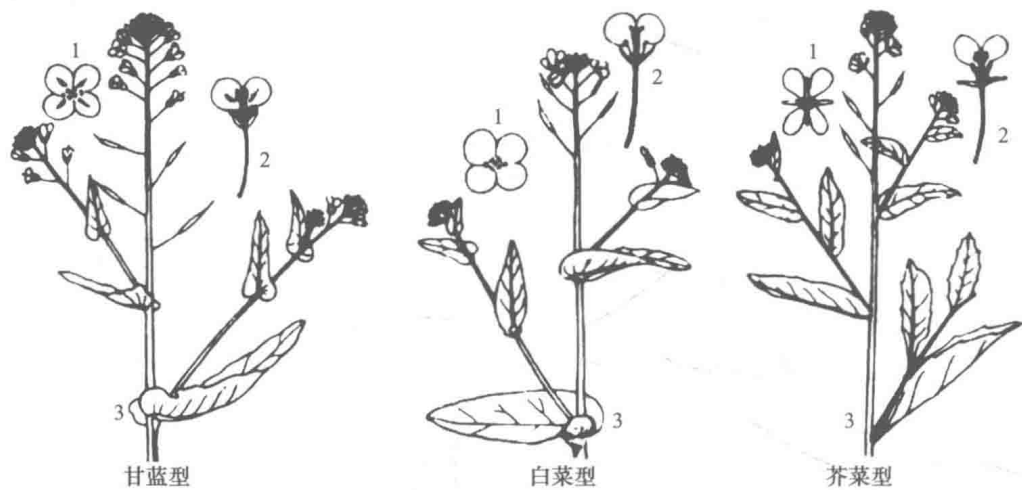


图 1-1 油菜的三大类型

(引自 <http://www.feedtrade.com.cn/othermeal/zongh/zapozhishi/2007/0905/162435.html>)

1. 花正面; 2. 花侧面; 3. 叶

2. 油菜经济学价值

油菜是重要的油料作物，还兼具饲料、绿肥、蔬菜、能源、旅游、蜜源等多个方面的价值。油菜籽含油量 40%~50%，人工培育的油菜新品系含油量已突破 50%。油菜籽榨油后的菜粕蛋白质含量高达 38%~40%，且含硫氨基酸的含量高于大豆，是很好的高蛋白饲料资源。青贮饲料油菜作为一种冬季高产优质的补充饲草料，对解决养殖业冬季缺粮、生产成本高等问题具有重要作用。油菜根系分泌的硫甙物质可控制土传病害，是重要的养地作物。油菜叶片在收获前全部归还土壤，变成了有机肥，油菜作为绿肥翻压腐熟后，可使土壤质地疏松、土质肥沃，土壤碱解氮、速效磷、速效钾等速效养分增加，有机质含量提高，有利于后

荏农作物产量的增长。油菜菜薹可作为蔬菜食用，甘蓝型油菜不仅适口性好，而且营养丰富。油菜也是一种重要的能源作物，是制取生物柴油最理想的原料之一，一些发达国家用低芥酸菜籽油为原料制取的生物柴油已实现规模化生产，并成为国家能源安全战略的重要组成部分；高芥酸菜籽油是环境友好、品质优良的工业用油脂。此外，油菜还是花期最长的大田作物，花蜜资源极为丰富，且极具观赏价值，发展观赏油菜延伸了油菜产业链，将油菜种植与旅游景点和自然风光相协调，可走出一条以旅补农、以农促旅的农旅融合发展的新道路，形成休闲旅游与油菜产业共同发展的局面。

第二节 油菜生产及机械化概况

1. 油菜种植和分布情况

中国是油菜的起源地之一，已有几千年种植历史，油菜是我国种植面积最大的油料作物。1978年之后，随着高产优质油菜品种的推广和高产栽培、菌核病综合防治等技术的应用，我国油菜种植面积和产量快速增长，如图 1-2 所示。但国外廉价油料及其制品的大量进口，严重冲击了我国油料市场，加上农村劳动力急剧减少，劳动力成本大幅提高，机械化水平低，劳动强度大，油菜生产综合效益显著下降，农民种植油菜积极性受到严重挫伤，2005 年以来我国油菜种植面积和产量连续 3 年下滑，2007 年达到低谷（图 1-2）。为此，我国于 2008 年出台了一系列促进油菜生产的扶持政策，油菜种植面积和产量开始恢复性增长，目前保持平稳的增长趋势，2014 年油菜播种面积达到 7588 千公顷，产量达

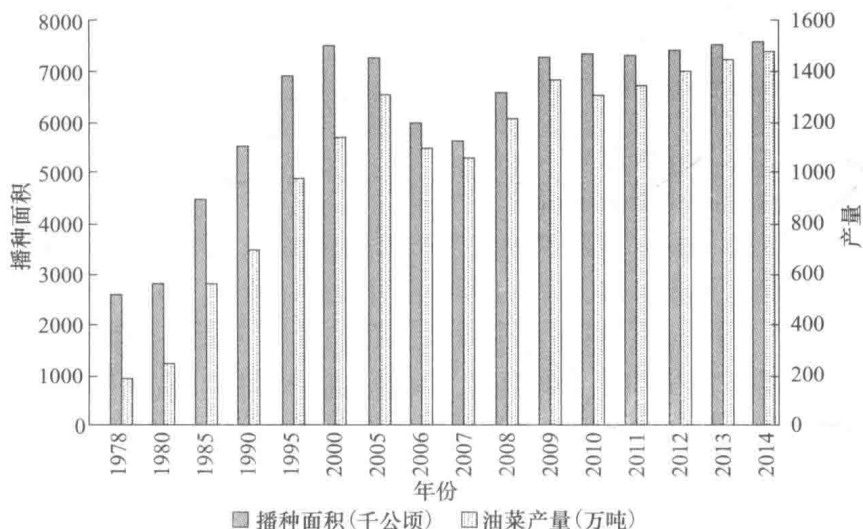


图 1-2 我国油菜种植面积与产量变化趋势（引自《中国统计年鉴—2015》）

到 1477 万吨，为历史最高水平。

我国油菜种植遍及各地，北至黑龙江，南迄海南岛，西起新疆，东抵沿海各省，从东部平原到青藏高原都有油菜种植。因为油菜种植区域极其广泛，且各地自然条件差异大，油菜播种期和收获期不一致，一年四季都有油菜在田间生长，所以形成了我国油菜品种、栽培制度和栽培技术的多样性。总体上，我国油菜种植区域可划分为冬油菜区和春油菜区两大区，其中冬油菜种植面积和产量均占全国 90% 左右，主要集中在长江流域各省份，一般 9~10 月播种，次年 5 月收获；春油菜种植区主要包括青海、内蒙古、甘肃、新疆等区域，一般 4 月播种，9 月收获。

从 2014 年各省（市、自治区）油菜播种面积和油菜籽产量的比例可以看出，湖北、湖南、四川油菜播种面积和产量占全国的比重均超过了 10%，安徽、江西、贵州、江苏和河南在 5% 以上，如图 1-3 所示。

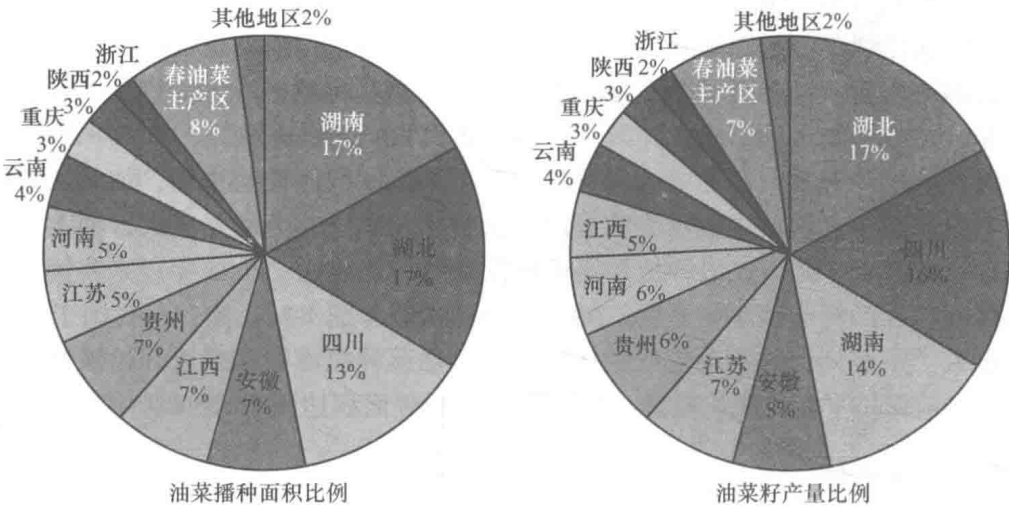


图 1-3 2014 年我国油菜产区播种面积和产量情况（引自《中国统计年鉴—2015》）

2. 油菜生产机械化水平和意义

1) 我国油菜生产机械化水平

图 1-4 为 2008~2014 年我国油菜生产机械化水平，从图中可以看出，我国油菜生产机械化水平从 2008 至 2014 年呈上升趋势，其中，耕种收综合机械化水平增长了近 17 个百分点，机耕水平增长了近 23 个百分点，机播水平增长了近 10 个百分点，机收水平增长了近 18 个百分点。但与德国、法国等国相比差距较大，我国油菜生产机械化总体水平仍然偏低。法国油菜生产机械化水平比较高，20 世纪 30 年代就拥有油菜播种、移栽、收获等农机具，70 年代基本实现了油菜生产机械化，80 年代已实现油菜种植、收获、清选、加工等全程机械化，并已逐渐开始利用遥感（RS）、地理信息系统（GIS）、全球导航卫星系统（GNSS）

等技术实现对农作物、土壤从宏观到微观的实时监测与精准作业管理，机械化、信息化技术普及率高，生产效率高，生产成本低。

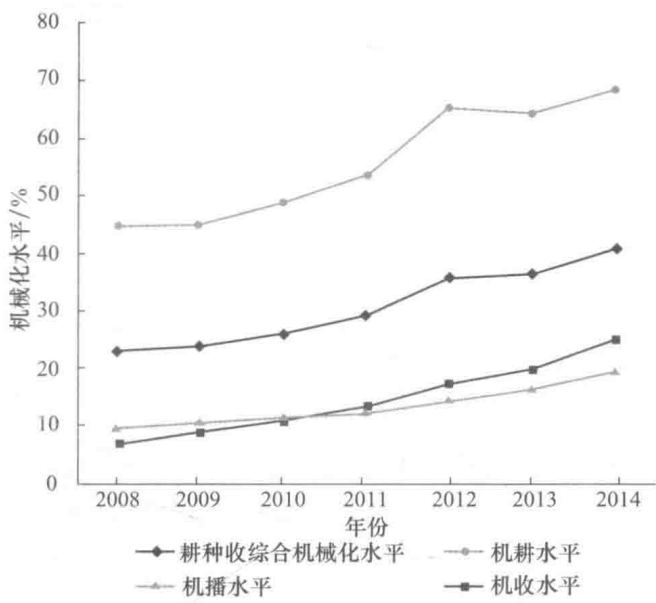


图 1-4 2008~2014 年我国油菜生产机械化水平

从不同区域来看，我国北方春油菜区机械化水平相对较高，而南方冬油菜区机械化水平普遍较低，在 12 个南方冬油菜主产省市中仅湖北省油菜耕种收综合机械化水平达到 50% 以上，如表 1-2 所示。油菜机械化水平程度低、技术层次低已成为制约我国油菜生产发展的瓶颈。

表 1-2 2014 年我国油菜主产区机械化水平

			机耕水平 /%	机播水平 /%	机收水平 /%	耕种收综合机械化水平 /%
全国			67.95	19.47	24.85	40.48
北方 春油 菜区	1	内蒙古	90.00	81.40	80.75	84.65
	2	青海	69.17	62.93	45.97	60.34
	3	甘肃	83.98	58.60	23.66	58.27
	4	湖北	84.67	30.98	46.47	57.10
南方 冬油 菜区	5	安徽	80.64	18.36	32.78	47.60
	6	江西	78.65	16.59	25.40	44.06
	7	河南	70.55	30.10	19.94	43.23
	8	江苏	63.07	15.83	17.15	35.12

续表

南方 冬油 菜区	序号	地区	机耕水平 /%	机播水平 /%	机收水平 /%	耕种收综合机械化 水平 /%
	9	湖南	68.77	6.30	18.83	35.04
	10	四川	68.77	9.03	14.09	34.45
	11	重庆	70.63	0.65	0.38	28.56
	12	浙江	58.18	2.86	13.07	28.05
	13	陕西	52.75	8.64	1.76	24.22
	14	云南	56.55	0.71	3.18	23.79
	15	贵州	26.03	0.60	0.40	10.71

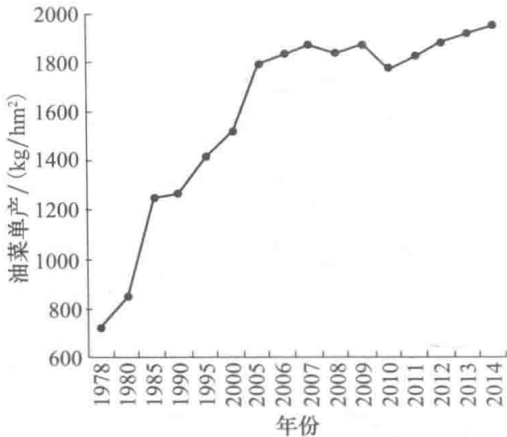


图 1-5 我国油菜单产情况

2) 发展油菜生产机械化是提高油菜产量的重要途径

1978 年以来，我国油菜单产经历了将近三十年的快速增长，2005 年之后稳步增长，2014 年单产达到 1950kg/hm²，如图 1-5 所示。

从表 1-3 可以看出，世界主要油菜生产国如德国、法国、英国油菜单产均高于我国，以 2012 年的油菜单产排序，我国排名第 12 位，产量低于世界平均水平，约是德国单产的一半；单产较高的多个国家均实现了油菜生产全程机械化。

表 1-3 世界主要油菜生产国油菜单产

序号	国家	单产 / (kg/hm ²)			
		2000 年	2010 年	2011 年	2012 年
	世界	1528.95	1872.00	1855.95	1909.05
1	德国	3325.95	3898.95	2913.00	3691.05
2	土耳其	2281.05	3408.00	3400.95	3667.05
3	荷兰	3625.05	4377.00	3439.05	3511.05
4	法国	2931.00	3286.95	3451.05	3399.00
5	英国	2878.05	3474.00	3912.00	3382.05
6	巴基斯坦	907.95	852.00	886.05	2833.05

续表

序号	国家	单产 / (kg/hm ²)			
		2000 年	2010 年	2011 年	2012 年
7	捷克	2608.05	2826.00	2802.00	2764.05
8	波兰	2194.05	2356.05	2242.95	2590.05
9	意大利	1129.95	2466.00	2338.05	2400.00
10	乌克兰	841.05	1704.00	1726.05	2202.00
11	伊朗	0	2125.05	2091.00	2059.05
12	中国	1876.50	1775.10	1827.30	1884.75

(引自联合国 FAO 数据库)

综上所述,先进的生产机械化技术,高产、高抗的优良品种,轻简高效的栽培技术是提高油菜产量和油菜产业综合效益的关键。

3) 发展油菜生产机械化是提高农民收入的重要措施

目前,油菜生产的低效益严重制约了油菜产业的发展,将油菜与三大粮食作物(水稻、小麦、玉米)的生产费用进行比较,两者的机械和人工费用均呈上涨趋势,如图 1-6 和表 1-4 所示。油菜机械化水平的低下使其需投入更多的人工成本,油菜与三大粮食作物人工成本的差距已由 2007 年的 121 元/hm² 上升到 2014 年的 1510 元/hm²。随着种植和作业规模的扩大,单位面积的机械作业费用会降低,而劳动力的价格依然会增加,所以生产机械化是降低成本、提高效益、增加农民收入的重要措施。

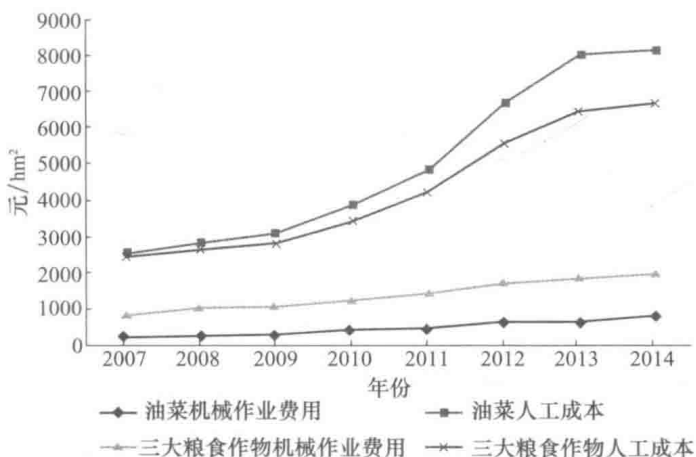


图 1-6 油菜和三大粮食作物机械作业费用和人工成本

表 1-4 不同作物生产的费用情况

单位：元 /hm²

作物	项目	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
油菜	一、物质与服务费用	1869	2137	2420	2440	2671	2973	3131	3232
	其中：机械作业费	216	271	324	426	488	618	673	847
	二、人工成本	2514	2835	3058	3855	4844	6665	8037	8211
粮食作物	一、物质与服务费用	3598	4317	4416	4687	5375	5974	6227	6268
	其中：机械作业费	817	1035	1089	1274	1478	1717	1874	2011
	二、人工成本	2393	2625	2826	3404	4246	5579	6446	6701

（引自国家发展和改革委员会价格司，2015）

4）发展油菜生产机械化是稳定油菜种植面积的重要举措

土地是种植还是抛荒、是种植其他冬季作物（如冬小麦、冬季蔬菜等）还是种植油菜，很大程度上取决于土地使用者的经济预期（郑炎成，2008）。以油菜和小麦为例，在我国长江中下游大部分地区，冬油菜和冬小麦是可以相互替代的作物，如果油菜种植的效益持续下降，必然会导致种植者改种小麦等其他效益更高的作物。表 1-5 是近年中国油菜和小麦每公顷成本与收益情况，可以看出，油菜种植成本增加的幅度高于产值增加的幅度，将家庭用工折价到人工成本中计算，2012~2014 年连续三年种植油菜的净利润和成本利润率已成负值，即将农民自己的劳动也算到成本中时，农民种植油菜是亏本的，而小麦的经济效益明显高于油菜。此外，种植油菜的劳动投入也很大程度上影响着农户的种植意愿，如果劳动投入数量大、强度高、周期长，种植者会选择劳动投入更少的农作物。因此，采用机械化来降低人工成本，依靠机械作业的高效率实现规模种植，产生规模经济效益，减轻劳动强度，是稳定油菜种植面积的重要举措。

表 1-5 全国油菜和小麦每公顷成本与收益情况

项目	单位	年份					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014
主产品产量	kg	1995.90	1876.95	1952.25	1951.65	2087.25	2010.00
产值合计	元	7184.25	7647.00	9131.85	9792.60	11187.90	10650.15
总成本	元	6546.45	7518.15	8812.80	11016.60	12662.40	13076.25
生产成本	元	5478.30	6295.05	7515.00	9637.65	11168.10	11442.90
人工成本	元	3057.90	3855.30	4843.65	6664.95	8037.30	8211.30
土地成本	元	1068.15	1223.10	1297.80	1378.95	1494.30	1633.35
净利润	元	637.80	128.85	319.05	-1224.00	-1474.50	-2426.10
成本利润率	%	9.74	1.71	3.62	-11.11	-11.64	-18.55

续表

项目	单位	年份					
		2009	2010	2011	2012	2013	2014
主产品产量	kg	5671.20	5550.30	5837.55	5741.40	5614.80	6420.15
产值合计	元	10762.65	11262.00	12453.00	12775.95	13528.95	15794.40
总成本	元	8505.00	9279.45	10684.20	12456.60	13720.65	14476.95
生产成本	元	6946.80	7457.70	8745.15	10321.35	11412.90	11757.00
人工成本	元	2184.60	2682.45	3385.20	4371.00	5156.70	5471.55
土地成本	元	1558.20	1821.75	1939.05	2135.25	2307.75	2719.95
净利润	元	2257.65	1982.55	1768.80	319.35	-191.70	1317.45
成本利润率	%	26.54	21.36	16.56	2.56	-1.40	9.10

(引自国家发展和改革委员会价格司, 2015)

5) 发展油菜生产机械化是保障油料安全的重要出路

近年来,我国每年都需从加拿大、澳大利亚等国进口大量油菜籽及其制品。分析表 1-6 和表 1-7 可知,我国油菜籽及其制品的出口量较小,每年还需从国外进口一部分油菜籽(国家油菜产业技术体系产业经济研究室,2016)。进口的原因除了满足需求之外,很大程度上是因为我国油菜籽的价格远高于国际市场价格,并且进口油菜籽品质优、出油率高。此外,油菜籽的菜粕质量也存在明显差距。油菜籽的价格最终反映到食用油的价格上,由于国内外油菜籽价格严重倒挂,导致长江流域国产油菜籽加工业陷入困境,而沿海一些外资企业利用进口油菜籽加工菜油,在价格上取得了优势。为促进油菜产业的发展,保障我国的油料安全,必须在提高品质的基础上,使油菜籽价格与国际市场接轨。降低油菜籽价格首先应该降低生产成本,要降低成本必须实现生产机械化。同时,提高油菜品质必须进行标准化生产,提高加工质量,这也离不开机械化的作业以及产后加工,所以发展油菜生产机械化是保障油料安全的重要出路。

表 1-6 2013~2016 年我国油菜籽供需情况 单位:万吨

类别	2013~2014 年	2014~2015 年	2015~2016 年
进口量	431.6	444.9	470
出口量	0.1	0.1	0.1
总供给	1510.1	1515.2	1479.6
总需求	1501.1	1515.2	1479.6
总消费	1501.5	1298.1	1153.1

(引自布瑞克农产品数据库)

表 1-7 2013~2016 年我国菜籽油供需情况

单位：万吨

类别	2013~2014 年	2014~2015 年	2015~2016 年
油菜籽压榨量	1445	1250	1100
菜籽油产量	559.3	456.3	423.5
进口量	121.0	61.8	80.0
出口量	0.6	0.6	0.6
总供给	918.1	925.6	901.7
总需求	918.1	925.6	901.7
总消费	510	530	500

(引自布瑞克农产品数据库)