

杨惠娣 编

塑料农膜

与生态环境保护



化学工业出版社



农用化学品与生态环境保护丛书

塑料农膜与生态环境保护

杨惠娣 编

化学工业出版社

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

塑料农膜与生态环境保护/杨惠娣编. —北京: 化学工业出版社, 1999
(农用化学品与生态环境保护丛书)
ISBN 7-5025-2706-0

I. 塑… II. 杨… III. 农用薄膜-污染防治 IV. X71

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 63844 号

农用化学品与生态环境保护丛书

塑料农膜与生态环境保护

杨惠娣 编

责任编辑: 孙绥中 韩 凌

责任校对: 李 丽 李 林

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 5¼ 字数 131 千字

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—3000

ISBN 7-5025-2706-0/TQ·1187

定 价: 9.80 元

版权所有 违者必究

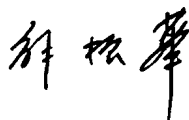
该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序

人口、资源、环境是当今人类社会面临的重大社会问题。在未来的 30 年内，我国人口估计可能达到 16 亿。随着人口的增加、耕地的减少和人们生活消费水平的提高，对粮食和其他农副产品的需求也会愈来愈大。因此，科学合理地施用化肥、农药、塑料农膜等农用化学品是保证粮食增产和粮食品质的重要措施。

随着化肥、农药、塑料农膜等农用化学品施用量的增加，如果不注意科学合理地施用，不但降低其使用效率，增加产品成本，而且将造成严重的环境污染和生态破坏。长期过量使用化肥、农药和塑料农膜将导致土壤板结、地力下降、水体污染和富营养化，破坏自然生态系统的结构和功能，最终危害人体健康，影响人类生存。

目前我国农村化肥、农药和塑料农膜面源污染日益严重，已引起全社会的广泛关注。为保证我国农业的可持续发展，不仅要科学合理地施用化肥、农药、塑料农膜等农用化学品，还要大力开发、研究清洁生产新工艺，研制高效、低毒、低残留的农药品种，推广利用生物肥料、生物农药、降解农膜及其他综合治理技术和措施。希望《农用化学品与生态环境保护丛书》的问世，能够为环保和农业战线的各级管理干部和广大科技人员提供理论和实践方面的指导。



一九九九年九月二十三日

前 言

人口急剧膨胀，城市化快速进展，现代人类飞快的生活节奏催生出各种便捷的生活方式。这种新的生活方式不仅大量消耗自然资源和能量，而且排放出大量的废弃物。城市固体废弃物（垃圾）与日俱增，给各国政府对城市管理工作造成越来越大的压力。其中，大量一次性消费的塑料包装制品给城市固体废弃物处理带来很大的问题：其质轻而体积庞大又不腐烂，在进行填埋处理时占地多；其发热量大，当进行焚烧处理时，易损伤焚烧炉，并排放出二氧化碳，有时还可能排放出有害气体；另外，随意丢弃于海洋、山林和田野的塑料包装、塑料地膜还造成野生动物和家养畜禽误食致死。塑料废弃物的处理直接关系到塑料工业的可持续发展。本书探讨塑料制品中的一类——塑料农膜与生态环境的关系，并寻求防止塑料农膜对环境造成污染的措施。

从 20 世纪 50 年代起，塑料在农业上的应用日趋广泛，消费量也不断上升。农用塑料薄膜（简称塑料农膜）是塑料在农业上的主要应用之一，近年来，塑料农膜无论从数量还是质量、品种上都有较快的发展。塑料农膜包括塑料地膜、塑料棚膜和农产品贮存包装用膜。我国使用塑料农膜起步较晚，但发展极快，目前，已是世界上生产和消费塑料农膜数量最多的国家。塑料地膜是一种地面覆盖材料，用于农作物早期育秧和生长。塑料地膜在我国的推广应用对我国农业产品产量的增长，特别是对解决中国人的吃饭问题起到了极大的作用，它与种子、化肥并列为我国农业技术的三大法宝。塑料地膜的使用被称为是农业上的一场“白色革命”。塑料棚膜起到日光温室的作用，主要用于蔬菜、花卉等的栽培，对解决城市人民的吃菜和丰富人民的菜篮子作出了重要贡献。近年，塑料大棚的应用也已拓展到畜禽渔业，用于畜、禽、渔的养殖。农用包装膜用于农产品包装贮存，对于减少农

产品的损失起了极大的作用，在农产品的冷冻出口中也发挥了积极的作用。农用塑料包装膜的应用正在不断扩大，如用于冬贮牧草的塑料牧草保鲜膜对于中国广大牧区解决牲畜安全越冬具有重大意义。近年，塑料保鲜膜的应用已扩大到各种果品和花卉的保鲜。

随着塑料农膜，主要是塑料地膜使用量的不断扩大以及使用年数的增长，一些农田中残留的塑料地膜不断累积，破坏了农作物生长的土壤环境，开始产生负面的影响，严重的甚至成为农作物减产的原因之一，“白色革命”有变成“白色污染”的危险。为此，如何保证农田中不累积塑料地膜，或使残留的塑料地膜不至于对农作物的生长造成不良影响，以保护农作物的生态环境，消除“白色污染”，已经成为与我国农业可持续发展战略相关联的课题，必须认真解决。

消除“白色污染”的主要途径一是回收，二是降解。回收是在作物成熟收获后，将塑料地膜拣拾回收，然后再进行各种处理。回收的方法有利于节省资源，是应首先考虑的方法。降解是采用一种能够在自然条件下自行破碎的降解塑料地膜的方法。目前，这种降解塑料地膜还在开发过程中，加快其开发应用是一个重要的课题。

塑料农膜大量使用带来的环境问题日趋严重，作为政府部门应及早做好决策、管理工作，还应该制定相应法规法律，以保证做到防止塑料农膜对土壤造成污染，保护人类赖以生存的耕地的生态环境。

内 容 简 介

本书介绍农用塑料薄膜，包括塑料地膜和棚膜在国民经济中的作用以及其在使用过程中对农田造成的污染及其防治，同时，也简介了农用塑料薄膜的制造以及使用方法。全书共有六章：塑料与塑料工业、植物生态及环境、塑料地膜、塑料棚膜、塑料农膜的回收与利用和降解塑料地膜。本书可供使用塑料农用薄膜和环境保护工作的科技和管理人员阅读，也可供从事农用塑料薄膜生产和回收利用的工程技术人员参考。

目 录

第一章 塑料与塑料工业	1
第一节 塑料的一般知识	1
一、塑料的种类	1
二、塑料助剂	2
三、塑料成型与加工	2
第二节 塑料工业	2
一、塑料工业在国民经济中的地位和作用	3
二、塑料在农业上的应用	5
第三节 塑料农用薄膜及其制造	7
一、塑料农用薄膜	7
二、塑料农用薄膜的制造	9
(一) 塑料农用薄膜制造用树脂	9
(二) 塑料农用薄膜制造用助剂	13
(三) 塑料农用薄膜成型	18
参考文献	22
第二章 植物生态及环境	23
第一节 植物的生理	24
第二节 土壤	26
第三节 气候与小气候	29
第三章 塑料地膜	31
第一节 塑料地膜发展概况	31
一、国外塑料地膜发展概况	31
二、我国塑料地膜发展概况	33
第二节 塑料地膜的作用和种类	35
一、塑料地膜的作用	35
二、塑料地膜的种类	36
第三节 塑料地膜栽培技术	38

一、塑料地膜覆盖栽培与田间作业管理	38
(一) 整地起垄作畦	38
(二) 施加肥料	39
(三) 覆盖塑料地膜	39
(四) 播种定植	40
(五) 田间管理	40
(六) 灌溉浇水	40
(七) 清理	40
二、铺膜作业	40
(一) 手铺作业	41
(二) 机械铺设	41
第四节 塑料地膜作物	42
一、水稻	42
二、小麦	43
三、玉米	47
四、棉花	47
五、花生	49
六、甘蔗	50
七、甜菜	50
八、西瓜	50
九、草莓	51
十、烟草	51
十一、牧草	51
十二、蔬菜	51
第五节 塑料地膜的“白色污染”	52
一、农田“白色污染”状况	53
二、“白色污染”的危害	55
(一) 残留塑料地膜对农田土壤物理性状的影响	55
(二) 残留塑料地膜对作物生长势的影响	56
(三) 残留塑料地膜对作物产量的影响	58
第六节 治理白色污染的途径	60
一、适时揭膜技术	60
(一) 适时揭膜的生态效益	61

(二) 适时揭膜的社会效益	61
(三) 适时揭膜的经济效益	62
二、耐老化易回收塑料地膜	62
(一) 耐老化易回收塑料地膜的表征	62
(二) 耐老化易回收塑料地膜的制造	63
(三) 耐老化性能测试方法	65
三、严格执行现行塑料地膜标准	66
参考文献	68
第四章 塑料棚膜	69
第一节 塑料棚膜发展概况	69
第二节 塑料棚的作用与作物环境条件控制	70
一、塑料棚的作用	70
二、塑料棚的作物环境条件控制	71
(一) 光照条件	71
(二) 温度	72
(三) 湿度	76
(四) 气体条件	76
(五) 土壤	77
第三节 塑料棚的种类与塑料棚膜	77
一、塑料棚的种类	77
二、塑料棚膜	82
第四节 塑料棚膜作物	85
一、水稻	85
二、西瓜	85
三、草莓	85
四、番茄	86
五、黄瓜	86
六、辣椒	86
七、莴苣	86
八、茄子	87
九、生菜	87
第五章 塑料农膜的回收与利用	88
第一节 塑料农膜的回收与再生方法	88

第二节 废旧塑料农膜的熔融再生	89
一、塑料简易鉴别法	89
二、废旧塑料农膜的分拣	89
三、废旧塑料农膜的清洗和干燥	90
四、再生造粒	91
五、再生塑料制品实例	92
第三节 废旧塑料农膜的热裂解回收	96
一、熔融槽法	96
二、螺杆式热分解法	96
三、流化床反应器法	98
四、催化裂解法	98
第四节 废旧塑料农膜的能量回收	99
一、废旧塑料农膜用焚烧炉	99
二、废旧塑料农膜的能量回收	103
第六章 降解塑料地膜	107
第一节 降解塑料	107
一、降解塑料的种类	108
二、降解塑料简史	108
三、降解塑料的用途	109
第二节 生物降解塑料	110
一、生物降解原理	110
二、生物降解塑料品种	113
(一) 生物塑料	113
(二) 聚乳酸类	115
(三) 聚(ϵ -己内酯)	117
(四) 脂肪族聚二元酸二元醇酯类	119
(五) 聚乙烯醇	120
(六) 天然高分子制备的生物降解塑料	121
(七) 添加型生物降解塑料	126
第三节 光降解塑料	131
一、光降解原理	131
二、光降解塑料品种	134
(一) 合成型光降解塑料	134

(二) 添加型光降解塑料	137
第四节 降解塑料地膜	138
一、降解塑料地膜的种类和制造	138
二、降解塑料地膜的评价测试	139
(一) 户外评价试验	140
(二) 实验室评价试验	141
三、降解塑料地膜应用效果和前景	144
参考文献	146
附录	147

第一章 塑料与塑料工业

第一节 塑料的一般知识

一、塑料的种类

塑料是以树脂为主要成分、添加有各种助剂，在一定温度和压力下，能塑制成特定形状，并在常温下能保持既定形状的配合料。塑料一般具有质轻、绝缘、耐腐蚀、耐摩擦、易加工和美观等特点。

组成塑料主要成分的树脂是一类高分子化合物（也称聚合物），有天然树脂和合成树脂之分。天然树脂有松香、虫胶等；合成树脂按其化学结构分，有聚乙烯（PE）、EVA（乙烯-醋酸乙烯）、聚丙烯（PP）、聚氯乙烯（PVC）、PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）、聚乙烯醇（PVA）、聚苯乙烯（PS）、ABS（丙烯腈-丁二烯-苯乙烯）、聚酰胺（PA）、聚碳酸酯（PC）、聚甲醛（POM）、聚氨酯（PUR）、有机氟树脂、丙烯酸类树脂、聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）、酚醛树脂、脲醛树脂、环氧树脂等。合成树脂中的聚乙烯、聚氯乙烯、EVA、PET、聚乙烯醇、有机氟树脂、丙烯酸类树脂等可用于塑料农膜生产。

塑料按受热行为可分为热塑性塑料和热固性塑料，近来，也有将热塑性和热固性塑料的复合材料另作一类的分类法。热塑性塑料是一类在一定温度范围内可以软化乃至熔融流动，冷却后又能固化成一定形状的由线型高分子树脂组成的塑料。这个过程可反复进行多次。典型的热塑性塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、EVA、PET、聚苯乙烯、ABS等。热固性塑料是一类在加热过程中发生化学反应，由线型高分子变成体型高分子结构，此后，遇热不再软化、熔融，也不溶于有机溶剂的塑料。如果温度过高，只能炭化。典型的热固性塑料有酚醛塑料、氨基塑料、环氧塑料等。热固性塑料不能用于塑料农膜的制造。

在工业上，常根据其用途将塑料分为通用塑料和工程塑料。通用塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、EVA、聚苯乙烯等；工程塑料有聚酰胺、ABS、聚碳酸酯、聚甲醛、有机氟树脂等，目前也有将工程塑料进一步分为工程塑料和超级工程塑料（特种塑料）的分类法，后者一般是具有高耐热性、高强度的塑料，常用于特殊工程应用领域。

从塑料成型的角度，以受热行为分类的方式较为方便。用于塑料农膜的只是热塑性塑料。

二、塑料助剂

助剂是塑料的重要组成部分。助剂也称添加剂。加入助剂的目的是改进塑料的各种性能，如力学强度、耐老化性能、防雾性、抗静电性能、阻燃性能和加工性能等。助剂有冲击改性剂、增塑剂、抗氧化剂、紫外线吸收剂、稳定剂、光敏剂、防雾剂、抗静电剂、转光剂、保温剂、阻燃剂、润滑剂、着色剂、发泡剂、交联剂、偶联剂、填充剂和加工性能改性剂等。塑料农膜制造时常用的助剂有增塑剂、抗氧化剂、紫外线吸收剂、稳定剂、防雾剂、转光剂、保温剂、填充剂等，在制造可降解塑料地膜时常要添加光敏剂等加速塑料降解的各种助剂。

三、塑料成型与加工

塑料成型是将各种形态的塑料（粉料、粒料、溶液或分散体）采用各种方法在不同的成型机中加工为各种塑料制品的过程。在加工过程中塑料会发生流动、物理性能变化或化学变化。塑料加工方法包括注射成型（注塑）、挤出成型（挤塑）、压延成型、中空成型、吹塑、压缩成型（压塑）、传递模塑、铸塑、旋转成型（滚塑）、泡沫塑料成型、热成型、层合、涂层等。各种成型方法主要由配料、成型和二次加工等工序组成。塑料农膜生产主要有吹塑、压延成型、T型模头挤出成型等。

第二节 塑料工业

塑料工业是材料工业领域中的新兴工业，由合成树脂、塑料助

剂、塑料加工、塑料机械和模具制造等五大工业部门组成。图 1-1 所示为塑料工业生产体系示意图。作为一种材料，塑料在农业、制造业、通讯行业、建筑、机械、化工等行业有着广泛的应用。塑料工业在为满足各应用领域的使用要求的过程中不断获得发展。

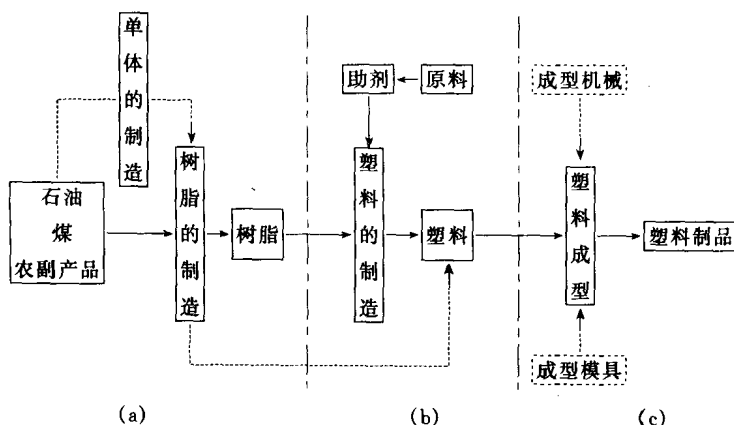


图 1-1 塑料工业生产体系示意图

(a) 原料树脂制造；(b) 塑料原料制造；(c) 塑料制品成型

一、塑料工业在国民经济中的地位和作用

在世界各国的经济发展过程中，塑料工业都起着举足轻重的作用，其发展速度常常成为国家经济发展速度的标志。国民经济中的许多重要产业，如汽车、家用电器、建筑、信息等产业的发展推动了塑料工业的发展；反过来说，塑料工业的发展也支撑了汽车、家用电器、建筑、信息等产业的发展。

中国的塑料工业在实行改革开放政策后取得了突飞猛进的发展，特别是进入 90 年代后，持续高速发展。从 1990 年至 1998 年，中国合成树脂生产量年均增长率达 14.33%，远高于同期中国国民生产总值 9.8% 的年均增长速度，更高于同期世界合成树脂 4.49% 的年均增长率。1996 年，中国合成树脂产量达 4953kt，已位居世界第 6 位，占世界总产量的 3.79%；1997 年的合成树脂产量为 6110kt，在世界产量的排位比 1996 年晋升一位，居第 5 位，占世界总产量的 4.30%；1998 年，产量为 6760kt，比 1997 年增长 10.64%。近年中

国以及世界主要国家和地区合成树脂的产量见表 1-1。

表 1-1 近年中国以及世界主要国家和地区合成树脂产量 / (kt)

年份	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998
中国	898	1232	2268	4239	4593	6110	6760
美国	16079	22000	28113	35701	39951	42500	
日本	7518	9232	12630	14027	14660	15209	
德国	6738	7635	10471	11100	10862	11858	
韩国	781	1445	2935	6689	7741	8173	
中国台湾省	998	1541	2752	4046	4572	4636	
法国	3152	3440	4294	5100	5200	5800	
意大利	2710	2650	3060	3480	3500	3550	
比利时	1835	2300	2968	4500	4600	3640	
荷兰	1400	2500	3428	4100	4200	4000	
加拿大	1355	—	—	3177	3320	3430	
英国	1813	1979	2245	2665	2600	3100	
世界总计	59203	77433	98964	122257	131033	135436	

近年中国塑料制品的生产量增长迅速，目前仅次于美国，居世界第 2 位。1998 年中国塑料加工制品的产量按年产值在 500 万元以上塑料加工企业的统计，为 8420kt，而全部塑料加工制品的产量估计超过 16000kt。近年中国塑料制品产量见表 1-2（均为全部塑料制品的产量）。

表 1-2 近年中国塑料制品产量

年份	1985	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
生产量/kt	2483	3668	4435	5368	6690	8427	9944	15742	15340	(16000)
年增长率/%	15.33	4.06	20.91	21.04	24.63	26.01	18.00	58.31	-2.55	4.30

合成树脂和塑料制品的大量生产，是现代人类大量消费的生活方式的直接结果。其中，一次性使用的塑料制品，如塑料包装购物袋、塑料餐盒和塑料地膜的广泛应用带来了严重的环境问题。报废汽车、家用电器的回收处理也是一个大问题，其中有相当多的部件涉及到塑料的回收。这些问题不仅关系到食品、农业、汽车、家用电器产业的可持续发展，也关系到塑料工业的可持续发展。

二、塑料在农业上的应用

塑料在农业上有着广泛的应用。近 10 年来,世界塑料消费中,农用塑料的消费量约占 3%,预计在今后 10 年,还将维持此比例水平。1996 年世界主要国家塑料材料消费领域比例见表 1-3。

表 1-3 世界主要国家塑料材料消费领域比例 (1996) /%

消费领域 国家	建筑	包装	电子 电气 ^①	运输	农业	家庭 日用	玩具 文体 ^①	家具	服装 鞋帽 ^①	机械	医疗 机器	其他
美国	20.1	27.2	4.2	5.4	4.3 ^②	—	—	4.5	—	—	—	34.3
日本	10.1	32.8	11.8	9.3	2.1	8.4	2.0	2.2	0.7	3.9	0.1	16.4
德国	27.3	27.2	8.4	8.1	1.4	4.2	—	1.8	—	—	—	21.5
加拿大	27.0	39.0	4.0	11.0	3.8 ^③	—	2.0	6.0	—	—	2.0	9.0
法国	25.0	38.0	10.0	13.0	5.7 ^④	—	—	—	—	—	—	14.0
意大利	—	49.3	6.0	7.0	6.0	—	—	5.0	—	—	—	26.7
比利时	25.4	29.5	1.2	9.7	1.1	2.7	0.6	5.1	—	4.1	1.4	19.1
英国	23.2	35.8	10.7	7.6	3.1	3.3	4.2	4.8	1.0	1.8	2.0	2.5
西班牙	11.2	36.4	4.9	7.2	5.1	1.5	1.4	8.0	4.4	2.2	—	16.9
荷兰	28.0	30.0	2.0	3.0	1.0 ^③	6.0	1.0	7.0	—	—	1.0	22.0
匈牙利	17.0	41.8	7.8	2.4	5.0	7.0	—	2.5	—	—	—	16.5
挪威	11.0	45.0	—	—	10.0 ^③	—	—	—	—	—	—	44.0
马来西亚	10.0	30.0	25.0	10.0	5.0	10.0	5.0	—	—	—	—	5.0
南非	8.0	49.0	7.0	4.0	5.0	2.0	2.0	2.0	2.0	4.0	3.0	12.0
新西兰	18.0	55.0	5.0	1.0	8.0	—	—	—	—	—	—	13.0
芬兰	22.0	48.5	8.0	1.5	2.6	1.5	1.1	1.8	—	—	—	13.0
奥地利	22.8	28.7	5.8	3.4	3.9	2.7	2.3	6.5	1.5	7.5	—	14.9
以色列	13.0	27.0	—	—	23.0	16.0	—	5.0	—	8.0	1.0	7.0
波兰	7.8	26.0	4.0	4.0	—	—	—	—	—	—	—	58.2

资料来源: IPAD。①1995 年。②1994 年。③1988 年。④1993 年。

注: 1. 建筑: 建筑材料、管材、接头, 不包括涂料、粘接剂。

2. 包装: 薄膜、片材、复合材料、瓶等包装制品, 啤酒周转箱等运输容器。

3. 电子电气: 电子电气零件、电线电缆。

4. 运输: 汽车、自行车、船舶、飞机等零件。

“民以食为天”, 农业是基础。像中国这样的人口大国, 农业的重要性是不言而喻的。农用塑料的应用为中国的农业、水产养殖业、林牧业发展作出了巨大的贡献。在中国, 农用塑料制品主要有塑料农膜、节水灌溉系统等。由于地球上水资源日益减少, 因此, 推广节水灌溉具有十分重要的意义。塑料管材和管件因其质轻, 易施工安装,