

CHINESE FARMERS' PESTICIDE USE:  
BEHAVIORAL CHARACTERISTICS,  
HEALTH EFFECTS AND DRIVING FORCES

# 中国农民的 农药施用：

行为特点、健康影响与驱动因素

张 超 胡瑞法 著

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 中国农民的农药施用： 行为特点、健康影响与驱动因素

张 超 胡瑞法 著

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

中国农民的农药施用：行为特点、健康影响与驱动因素 / 张超，胡瑞法著. — 北京：北京理工大学出版社，2019.10

ISBN 978-7-5682-7716-7

I. ①中… II. ①张… ②胡… III. ①农药施用—研究—中国 IV. ①S48

中国版本图书馆CIP数据核字 (2019) 第227820号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 唐山富达印务有限公司

开 本 / 710毫米 × 1000毫米 1 / 16

印 张 / 13

字 数 / 194千字

版 次 / 2019年10月第1版 2019年10月第1次印刷

定 价 / 52.00元

责任编辑 / 刘兴春

文案编辑 / 李丁一

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

# 作者介绍

## 张 超：

江西南昌人，经济学博士，北京理工大学人文与社会科学学院讲师、硕士生导师。主要从事资源与环境经济和农业经济管理等领域研究。主持国家自然科学基金青年项目和其他省部级科研项目，并作为任务负责人或骨干参与国家科技重大专项及国家重点研发计划项目等。在 *Journal of Cleaner Production*、*Science of the Total Environment*、*Pest Management Science* 及《中国农村经济》等国内外权威学术期刊和会议发表论文近 30 篇。担任 *Science of the Total Environment*、*Ecological Indicators* 等 SCI 收录期刊审稿人。

## 胡瑞法：

河南灵宝人，农学博士，北京理工大学管理与经济学院教授、博士生导师，国家杰出青年基金获得者、中国科学院“百人计划”入选者、农业部有突出贡献中青年专家。主要从事发展经济和农业技术经济等领域研究。主持国家自然科学基金、国家科技重大专项等 30 余项科研项目。在 *Science*、*Nature Biotechnology* 等国内外重要学术期刊和会议发表论文 200 余篇。曾获得农业部科技进步一等奖、二等奖等 7 项省部级奖。

# 前言

1978年改革开放以来，中国农业发展取得了举世瞩目的成就。在拥有世界上最多人口的背景下，中国长期面临着粮食安全问题，如何“把饭碗牢牢端在自己手里”是一代代中国人不断探索的课题。经过40年的不懈努力，中国农业总产出和生产率大幅度提高。1978—2018年，中国农林牧渔业增加值按不变价格计算的年均增长率高达4.5%。其中，主要农作物总产量和单位面积产量均实现了跨越性增长，为保障国家农产品供给尤其是粮食安全乃至推动国民经济持续快速发展奠定了扎实的物质基础。

化学农药作为重要的农业生产要素，在减少农作物产量损失、促进农业增长以及保障国家农产品供给和粮食安全方面作出了重要贡献。2016年，中国通过农药施用等手段挽回因病虫草害导致的粮食损失高达8 686.1万吨，占当年粮食总产量的14.1%。与此同时，广大农户对化学农药的依赖性也不断增强，导致农药施用量迅速增长。中国已经成为世界上化学农药施用量最大的国家，且中国单位面积农药施用量为世界平均水平的5倍。中国农民在农业生产中存在的农药过量施用问题屡见报道。

近年来，高强度、不合理的农药施用导致的一系列生态、环境和健康等方面的负面效应引起了人们的广泛关注。长期施用农药导致农作物病虫草害对农药的严重抗性以及不规范的农药施用对病虫害天敌及益虫发展和繁衍的抑制效应严重威胁了农业生态平衡。大量残留农药进入水体、土壤和空气中，造成严重的农业面源污染问题层出不穷。尤其需要注意的是，消费者食用具有残留农药的农产品引起的食物中毒事件成为社会治理的难点，同时高强度农药暴露对农民健康的损害及急性中毒死亡事件不断引起人们的担忧。

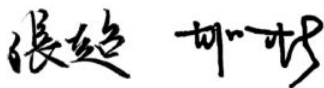
近年来，中国面临着严峻的农药减施压力和挑战。为了促进农业可持续发展，2015年农业部颁布了《到2020年农药使用量零增长行动方案》，规划到2020年全国实现农药施用量的零增长。必须明确的是，有效促进农药减施的关键在于农民。辩证来讲，农民既是农药施用的直接受益者，也因直接接触农药损害自身健康而成为受害者。2012年至今，我们在国家自然科学基金和国家重点研发计划项目的支持下围绕中国农民的农药施用问题进行了较深入的研究，以期为国家制定有效的农药减施政策和措施提供扎实的科学依据。

本书是对过去这些年研究成果的一次阶段性总结。概括起来，本书内容主要涵盖了三个方面的研究成果：（1）中国农民的农药施用行为特点；（2）农药施用对农民的健康影响；（3）农药施用的驱动因素。除了第一篇绪论以外，本书分别安排三篇共11章对相关研究成果进行总结和介绍。其中，第二篇从不同角度研究了中国农民在农业生产中的农药施用行为特点，综合运用全国农产品成本收益数据和大型农户调查数据，从经济意义视角定量分析了水稻、玉米、小麦、棉花生产中的农药过量施用问题，并从病虫草害防治视角探讨了中国农民在水稻、玉米、小麦、棉花、苹果、茶叶和设施蔬菜生产中的农药过量、不足以及错误施用问题。第三篇首先对国内外农药施用（暴露）对人体健康影响的研究进行了文献计量分析，然后在农户调查和农民健康检查数据基础上分析了农药施用对农民健康尤其是周围神经系统的影响，分别考察了不同时间范围、不同防治对象和不同化学结构的农药施用对农民健康的影响。第四篇主要考察了农药施用的驱动因素，依次实证研究了城乡收入差距、政府农业技术推广体系改革等对农药施用的影响，并在随机干预试验基础上评估了政府农业技术推广部门病虫害防治干预的农药减施效果。

中国幅员辽阔，不同地区农业生产差异悬殊，因此农民的农药施用行为也存在巨大差异。本书尽管对我们过去一段时期的研

究成果进行了比较系统的总结，但是书中呈现的内容一方面本身还可能存在一些不足之处，另一方面也远未穷尽中国农药施用及农药不合理施用治理的全部问题。当前中国正处于深化农业供给侧结构性改革和实施乡村振兴战略的新时代，如何推动农业农村可持续发展、建设美丽中国是当代中国人共同面对且需要共同回答的时代命题。我们希望此书的出版能够为此添砖加瓦。

在本书付梓之际，我们必须向支持本书研究并为本书研究作出贡献的所有人员致谢。我们要感谢北京大学黄季焜教授，威斯康星大学麦迪逊分校 Guanming Shi 教授，罗格斯大学 Yanhong Jin 副教授、Mark Robson 教授，中国人民解放军总医院黄旭升教授、尹燕红博士、陈朝晖技师，以及中国人民解放军总医院第一附属医院李一凡博士等在合作研究中作出的重要贡献！我们也要感谢课题组成员蔡金阳、孙艺夺、孙生阳、邓海艳、周梅芳、陈小雪、郭付强、申剑、余彤、吉晶、杨静、赵倩倩、孙石磊、方丽莎、郑祖庭等在农户调查和跟踪记录过程中的辛勤付出！同时，我们对为本书研究提供过支持和帮助但是难以一一具名的人士也一并致谢！最后，我们要感谢国家自然科学基金（71803010、71661147002、71173014、71210004）和国家重点研发计划（2016YFD0201301）对本书研究的经费支持以及北京理工大学人文与社会科学学院对本书出版的经费资助。



2019年7月11日于至善园

# 目录

## 第一篇 绪论

第 1 章 引 言 .....	003
1. 研究背景 .....	003
2. 研究目标与内容 .....	007
3. 结构安排 .....	008
第 2 章 中国农药工业发展与农药施用 .....	010
1. 中国农药工业发展趋势与现状 .....	010
2. 中国农药施用的变化趋势与现状 .....	014

## 第二篇 农民的农药施用行为特点

第 3 章 中国粮食生产的农药过量投入 .....	025
1. 引言 .....	025
2. 损害控制生产函数与计量模型 .....	026
3. 研究数据 .....	028
4. 结果与讨论 .....	029
5. 结论与启示 .....	032
第 4 章 中国农民过量施用农药的微观证据 ——以水稻、棉花和玉米为例 .....	035
1. 引言 .....	035
2. 研究模型 .....	036
3. 数据来源 .....	039
4. 计量回归结果 .....	041

5. 结论 .....	045
<b>第 5 章 农药施用过量和不足</b>	
——基于病虫草害防治视角的考察 .....	046
1. 引言 .....	046
2. 研究方法 with 数据 .....	047
3. 结果 .....	050
4. 讨论 .....	056
5. 结论与启示 .....	059
<b>第 6 章 农民的农药错误施用行为 .....</b>	<b>060</b>
1. 引言 .....	060
2. 研究方法 with 数据 .....	062
3. 结果 .....	065
4. 讨论 .....	073
5. 结论 .....	077

### 第三篇 农药施用（暴露）对农民的健康影响

<b>第 7 章 农药施用（暴露）对人体</b>	
健康影响的文献计量分析 .....	081
1. 引言 .....	081
2. 文献来源 .....	082
3. 论文的时空与期刊分布 .....	083
4. 研究力量与引频次 .....	085
5. 研究类型、方法、领域与热点 .....	090
6. 国内外研究比较 .....	095
7. 总结与展望 .....	095

第 8 章 农药施用对农民健康的长期和短期影响 .....	097
1. 引言 .....	097
2. 研究方法 .....	098
3. 结果 .....	102
4. 讨论 .....	108
第 9 章 不同类型农药施用对农民健康的影响 ——兼论对转基因农作物发展的启示 .....	112
1. 引言 .....	112
2. 数据与方法 .....	113
3. 结果 .....	114
4. 讨论与结论 .....	119
第 10 章 农药施用与农民周围神经传导异常的关系 .....	122
1. 引言 .....	122
2. 数据与方法 .....	123
3. 结果 .....	124
4. 讨论与结论 .....	130
<b>第四篇 农药施用的驱动因素</b>	
第 11 章 城乡收入差距对农药施用的影响 ——基于省级面板数据的实证研究 .....	135
1. 引言 .....	135
2. 文献综述 .....	136
3. 理论框架与实证模型 .....	138
4. 变量设置与数据来源 .....	141
5. 实证结果与分析 .....	145
6. 结论与启示 .....	151

第 12 章 政府农业技术推广体系改革 与粮食生产的农药投入 .....	153
1. 引言 .....	153
2. 研究方法和数据 .....	154
3. 计量结果与讨论 .....	156
4. 结论与政策建议 .....	159
第 13 章 政府农业技术推广部门病虫害 防治干预的农药减施效果 .....	160
1. 引言 .....	160
2. 文献综述 .....	161
3. 随机干预试验与数据 .....	162
4. 干预前后农药施用量变化 .....	165
5. 实证模型和结果 .....	166
6. 结论与政策建议 .....	174
附表 .....	177
参考文献 .....	180



# 第一篇 绪论





# 第 1 章 引言

## 1. 研究背景

改革开放 40 年来，中国农业发展取得了举世瞩目的成就。中国人口位居世界第一位，因此很长一段时间都面临着粮食安全问题。改革开放以前，以人民公社为主体的农业生产模式严重影响了农民从事农业生产的积极性，从而导致农村和农业经济发展受到了损害。相比而言，20 世纪 70 年代末开始实行的家庭联产承包责任制使得中国的农业总产出和生产率大幅度提高。1978—1984 年，全国农业总产出增长的一半几乎是由家庭联产承包责任制贡献的（Lin，1992）。根据统计数据，1978—2016 年，中国的农林牧渔业增加值从 1 027.5 亿元增长到 65 964.4 亿元，按可比价格计算累计增长了 432.4%，年均增长率为 4.5%（见图 1.1）。

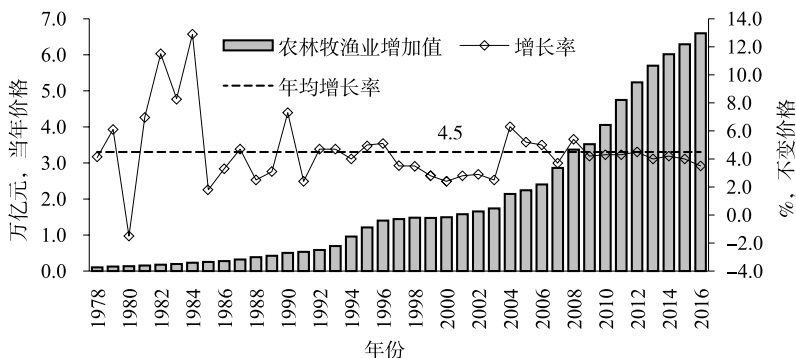


图 1.1 1978—2016 年中国农林牧渔业增加值及其增长率变化

数据来源：《中国统计年鉴》（2017）。

与此同时，主要农作物总产量和单位面积产量均实现了大幅度增长（见表 1.1、表 1.2）。从不同农作物角度看，粮食总产量从 1978 年的 30 476.5 万吨增长到 2016 年的 66 043.5 万吨，年均增长率为 2.1%；棉花总产量从 1978 年的 216.7 万吨增长到 2016 年的 534.3 万吨，年均增长率为 2.4%；油料总产量从 1978 年的 521.8 万吨增长到 2016 年的 3 400.1 万吨，年均增长率为 5.1%；糖料总产量从 1978 年的 2 381.9 万吨增长到 2016 年的 12 340.7 万吨，年均增长率为 4.4%；烟叶总产量从 1978 年的 124.2 万吨增长到 2016 年的 257.4 万吨，年均增长率为 1.9%；蔬菜总产量从 1995 年的 2 5726.7 万吨增长到 2016 年的 79 779.7 万吨，年均增长率为 5.5%。农作物总产量的持续稳定增长为保障国家农产品供给安全乃至推动国民经济快速崛起奠定了扎实的物质基础。

表 1.1 1978—2016 年中国主要农作物总产量 单位：万吨

年份	粮食	棉花	油料	糖料	烟叶	蔬菜
1978	30 476.5	216.7	521.8	2 381.9	124.2	/
1980	32 055.5	270.7	769.1	2 911.3	84.5	/
1985	37 910.8	414.7	1 578.4	6 046.8	242.5	/
1990	44 624.3	450.8	1 613.2	7 214.5	262.7	/
1995	46 661.8	476.8	2 250.3	7 940.1	231.4	25 726.7
2000	46 217.5	441.7	2 954.8	7 635.3	255.2	44 467.9
2005	48 402.2	571.4	3 077.1	9 451.9	268.3	56 451.5
2010	55 911.3	577.0	3 156.8	12 008.5	283.2	65 099.4
2015	66 060.3	590.7	3 390.5	12 500.0	267.7	78 526.1
2016	66 043.5	534.3	3 400.1	12 340.7	257.4	79 779.7
1978—2016 年 年均增长率 /%	2.1	2.4	5.1	4.4	1.9	/
1995—2016 年 年均增长率 /%	1.7	0.5	2.0	2.1	0.5	5.5

数据来源：国家统计局（<http://data.stats.gov.cn/index.htm>）。

表 1.2 1978—2016 年中国农作物播种单位面积产量 单位：千克 / 公顷

年份	粮食	棉花	油料	糖料	烟叶	蔬菜
1978	2 527.3	445.3	838.6	27 083.1	1 584.2	/
1980	2 734.3	550.1	970.0	31 566.5	1 650.2	/

续表

年份	粮食	棉花	油料	糖料	烟叶	蔬菜
1985	3 483.0	806.7	1 337.7	39 644.1	1 847.2	/
1990	3 932.8	806.7	1 479.9	42 965.4	1 649.6	/
1995	4 239.7	879.4	1 717.6	43 629.5	1 574.3	27 039.0
2000	4 261.2	1 093.1	1 918.7	50 426.3	1 775.9	29 183.7
2005	4 641.6	1 128.9	2 149.2	60 419.3	1 968.6	31 856.2
2010	4 973.6	1 321.7	2 325.6	63 035.8	2 233.9	34 263.0
2015	5 482.8	1 564.9	2 520.2	71 982.0	2 155.6	35 694.2
2016	5 451.9	1 670.5	2 567.1	72 755.0	2 140.7	35 730.3
1978—2016 年 年均增长率 /%	2.0	3.5	3.0	2.6	0.8	/
1995—2016 年 年均增长率 /%	1.2	3.1	1.9	2.5	1.5	1.3

数据来源：国家统计局（<http://data.stats.gov.cn/index.htm>）。

需要说明的是，农作物总产量的持续增长主要得益于农作物生产率水平的不断提高。改革开放以来，中国的农作物播种面积增长十分有限，仅从 1978 年的 15 010.4 万公顷增长到 2016 年的 16 665.0 万公顷，累计增长仅 11.0%，其中粮食和棉花播种面积甚至是负增长（国家统计局，2017）。但是改革开放以来，中国粮食、棉花、油料、糖料、烟叶和蔬菜的单位面积产量均实现了大幅度提高（见表 1.2）。其中，粮食、棉花、油料、糖料和烟叶的单位面积产量分别从 1978 年的 2 527.3 千克 / 公顷、445.3 千克 / 公顷、838.6 千克 / 公顷、27 083.1 千克 / 公顷和 1 548.2 千克 / 公顷，增长到 2016 年的 5 451.9 千克 / 公顷、1 670.5 千克 / 公顷、2 567.1 千克 / 公顷、72 755.0 千克 / 公顷和 2 140.7 千克 / 公顷，年均增长率分别为 2.0%、3.5%、3.0%、2.6% 和 0.8%。蔬菜单位面积产量也从 1995 年的 27 039.0 千克 / 公顷增长到 2016 年的 35 730.3 千克 / 公顷，年均增长率为 1.3%。

长期以来，农药作为重要的农业生产要素，在减少农作物病虫害爆发造成的农作物产量损失、保证农作物生产率增长以及保障国家农产品供给安全方面作出了重要贡献。1965 年，世界粮食实际总产量仅为理论产量的 42%，得益于农药施用等措施，该比例在 1990 年时已经增长到 70%

(Popp, 2011)。根据估算, 农药施用挽回的粮食产量损失占世界实际产量的 1/3 (刘长江等, 2002)。2016 年, 通过农药施用等手段挽回因病虫害草害导致的中国粮食、棉花和油料产量损失分别高达 8686.1 万吨、114.6 万吨和 353.0 万吨, 分别占当年实际总产量的 14.1%、21.6% 和 9.7% (见表 1.3)。

表 1.3 2016 年中国主要农作物的总产量和挽回的产量损失

农作物类型	总产量 / 万吨	挽回的产量损失 / 万吨			挽回损失占比 / %
		总计	病虫害	草害	
粮食	61 625	8 686.1	6 168.7	2 517.4	14.1
棉花	530	114.6	83.8	30.8	21.6
油料	3 629	353.0	243.6	109.4	9.7

数据来源:《中国农业年鉴》(2017)。

伴随着人口规模不断扩大和农业劳动力老龄化趋势不断加强, 中国农业生产对农药投入的依赖性也越来越强, 从而导致农药施用量大幅增长。伴随着经济不断发展和人口规模的扩大, 人们生活水平持续提高, 农产品需求也不断增长。此外, 大量体力较好且受教育水平较高的农村青壮年劳动力向城镇部门转移, 一定程度上加剧了农业劳动力的老龄化和短缺 (胡雪枝、钟甫宁, 2012)。为了满足日益增长的农产品需求和弥补农业劳动力的短缺, 增加农药施用量成为强化农作物病虫害防治效果、保障农作物产量增长的重要手段。根据统计, 中国的农药施用量从 1990 年的 73.3 万吨大幅度增长到 2016 年的 174.0 万吨 (国家统计局, 2017)。在同一时期, 单位播种面积农药施用量也从 1990 年的 4.9 千克 / 公顷提高到 2016 年的 10.4 千克 / 公顷。

作为一把“双刃剑”, 农药施用有效防治了农作物病虫害, 从而减少了农作物产量损失; 但是, 高强度的农药施用也导致了一系列受到广泛关注的生态、环境和健康等方面的负面效应。在全世界范围内, 长期大剂量施用农药已经使得农作物病虫害对农药产生了严重抗性, 极大地降低了农药施用的有效性 (Chanda, 2018)。在这种情况下, 农业生产者往往采取加大农药施用频次和剂量的方式来强化农作物病虫害的防治效果, 从而陷入农作物病虫害抗性加剧和农药施用量增长的恶性循环 (Hawkins 等, 2019)。