以农药减量控害助力农业绿色发展

杨普云[1*]， 王 凯[2]， 厉建萌[3]， 李文星[4]， 尹俊梅[5]

（1. 全国农业技术推广服务中心，北京 100125；2. 中国农业出版社，北京 100125；
3. 农业农村部种子管理局，北京 100026；4. 农业农村部种植业管理司，北京 100026；
5. 中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所，儋州 571700）

摘要 本文从历史、农民和市场等三个维度分析了我国农药过量使用产生的原因，指出农药减量控害的必要性和重要意义，分析了农药减量控害的可行性，提出了“底线思维、系统思维、创新思维”工作思路以及通过替代化学防控、调整优化农药产品结构、集成绿色防控技术、转变防控方式、构建农产品优质优价机制等路径实施农药减量控害的建议。

关键词 农药； 减量控害； 绿色发展

中图分类号： S 481 **文献标识码：** A **DOI：** 10.16688/j.zwbh.2018276

Promoting green agricultural development through eliminating pesticide overuses in crop pest management

YANG Puyun[1], WANG Kai[2], LI Jianmeng[3], LI Wenxing[4], YIN Junmei[5]

(1. *National Agro-technical Extension and Service Center, Ministry of Agriculture, Beijing* 100125, *China*; 2. *China Agricultural Press, Beijing* 100125, *China*; 3. *Department of Seed Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing* 100026, *China*; 4. *Department of Crop Management, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Beijing* 100026, *China*; 5. *Institute of Tropical Crop Species Resources, Chinese Academy of Tropical Agriculture, Danzhou* 571700, *China*)

Abstract The development of pesticide overuses in crop pest management in China was analyzed from historical, farmer and market perspectives, and the need and importance for eliminating pesticide overuses in crop pest management and the feasibility were described. Strategic thoughts of baseline setting-up, systematic management and innovations for eliminating pesticide overuses, and implementing approaches for substituting chemical control, adjusting and improving product structure of pesticides, integrative applications of green crop pest management technologies, changing crop pest management schemes and establishing price premium systems for rewarding ecological agricultural products were put forward.

Key words pesticide; eliminating pesticide overuses in crop pest management; green development

农药是重要的农业生产资料，农药的使用对提高农作物产量、确保农业生产安全、保障粮食安全发挥了重要的作用。农药的特殊性在于其使用带来了突出的负外部效应[1]，如农药残留影响农产品质量安全，生产使用农药造成人身健康损害，使用农药造成天敌种群和农田自然生态被破坏、生物多样性降低、土壤和地下水被污染等一系列人类健康、环境和社会问题，给农产品质量安全、生态环境安全和农业可持续发展带来巨大障碍[2-6]。在习近平新时代中国特色社会主义思想的指导下，农药的使用和监管必须践行“绿水青山就是金山银山”的可持续发展理念，围绕实施生态文明建设、乡村振兴战略和质量兴农战略，探索我国农药减量控害实施路径，助力农业绿色发展。

1 农药减量控害的必要性与重要意义

农药减量控害与我国现阶段实施的乡村振兴战略的总要求所包含的农业生产安全、农产品质量安全、农业生态环境安全、人类健康安全密切相关，实施农药减量控害意义重大。

收稿日期： 2018-06-26
基金项目： 国家重点研发计划(2016YFD0300710)
致 谢： 衷心感谢全国农业技术推广服务中心李春广研究员整理并提供本文引用的植保统计资料数据并指导数据分析。
* 通信作者 E-mail:yangpy@agri.gov.cn

1.1 推进农业绿色发展的需要

习近平总书记指出:“推进农业绿色发展是农业发展观的一场深刻革命。”要“坚持绿色生产导向,切实做到经济效益、生态效益、社会效益同步提升,实现百姓富、生态美的有机统一。”长期以来,为保障粮食等主要农产品有效供给、主要依靠资源消耗型的粗放式经营方式,农业资源长期过度开发,农药化肥等农业投入品过度使用,农业面源污染和生态退化日益严重,环境承载能力已接近极限[6-7]。农业生产中农药和化肥是主要的物质投入品,农药过量使用也是一个突出问题。目前,小麦、水稻、玉米三大粮食作物化肥农药投入已占到了生产资料投入的 45%[8-9]。园艺作物中农药化肥的投入更高,如苹果生产中肥料和农药的投入占到总生产成本的 2/3[8]。过量的农药投入导致面源污染和环境持续恶化,不仅直接增加农业生产成本,也间接增加环境治理成本[5]。农药减量控害对于转变农业生产方式、推进农业绿色发展的重要性不言而喻。因此,必须立足国情,实施农药减量控害,采用物理、生态、生物等绿色防控措施,逐步减少对化学农药的过度依赖,大力推进农业绿色发展,根治农药化肥等面源污染,使水更清、山更绿、天更蓝。

1.2 推进乡村振兴战略的需要

党的十九大提出实施乡村振兴战略,2018 年中央一号文件又进行了全面部署。围绕乡村振兴战略的“生态宜居”,必须大力推进农药减量控害。习近平总书记指出“生态兴文明兴,生态亡则文明亡。”20 世纪 50 年代,化学农药 DDT 的大量使用,曾经给美国生态环境带来了毁灭性破坏[10]。进入 21 世纪以来,随着人们对化学农药面源污染的深入了解和认识,大部分持久有机污染物和严重影响生物多样性的农药逐渐被禁用,生态环境有了明显改善。但是全球每年仍有多达 350 万 t(折百)左右的化学农药释放到环境中[11],我国仅种植业农药每年使用量就高达 30 多万 t(折百)[12-13],世界范围内的生态危机不仅未见根本好转,还在持续恶化,那种“千山鸟飞绝,万径人踪灭”的“寂静的春天”在地球上某些区域正向人类逼近[14]。实施乡村振兴战略,必须转变病虫防控方式,减少化学农药的使用,减轻农药对环境的面源污染和生物多样性的破坏,珍惜和保护好“绿水青山”,实现人与自然和谐发展。

1.3 落实以人民为中心发展思想的根本要求

以习近平同志为核心的党中央把坚持以人民为中心发展思想确立为新时代中国特色社会主义的基本方略,落实以人民为中心发展思想迫切需要推行农药减量控害。使用农药防治病虫害是确保农业生产安全必要措施,农作物病虫害防治是劳动强度最大、技术水平要求最高、劳动力投入最多的环节,也是影响农村广大人民群众身体健康的重要因素[15-16]。近年来,青壮年劳动力普遍进城务工,农村劳动力弱化,从事农业生产的农民文化知识水平普遍较低,我国农业种植规模较小,施药器械比较落后,病虫害防治以农户分散防治为主,农民科学安全用药知识匮乏等问题突出,农药使用中毒事故频发。据统计,目前全国每年农药生产性中毒事故高达 2 000~3 000 人次[17]。实施农药减量控害是减少广大农民群众中毒事故、提高健康水平的有效途径,也是落实以人民为中心发展思想、让农民共享农业农村发展成果的重要途径。

2 农药过量使用产生的原因分析

目前,我国病虫害(病虫草鼠害)常年发生 4 亿~5.3 亿 hm^2 次,以使用农药为主的病虫害防控工作成效显著,对农业生产和粮食安全做出了突出贡献。通过防治挽回粮食损失 6 000 万~9 000 万 t、皮棉 150 万~180 万 t、油料 250 万~270 万 t。若不采取防治措施,按联合国粮农组织公布的自然损失率 37%以上计算,每年至少将损失粮食 1 500 亿 kg、皮棉 1.9 亿 kg、油料 68 亿 kg,果品和蔬菜 1 000 亿 kg,潜在经济损失 5 000 亿元以上[17]。

自 20 世纪 60 年代开始大量使用有机氯等化学农药,随后农药的使用量逐渐上升;70 年代年用量上升至 10 万 t,随后的十年一直稳定在 10 万 t 左右;90 年代随着有机磷和氨基甲酸酯类农药进入市场,农药的使用量上升到 15 万 t 左右[17]。至 21 世纪初,尽管菊酯类和新烟碱类等高效低用量农药不断进入市场且广泛得到推广应用,我国农药年用量在 2000 年仍然上升至 25 万 t,2000—2010 年的十年间继续攀升至 31 万 t 左右[17]。我国种植业上农药年用量在过去 50 年左右增长了近 4 倍,其中在 1990—2000 年间增长速率最高,年均增长率超过 7%。过去 50 年,我国粮食产量增长了 2.8 倍,而农药使用量却增长了 3.7 倍[9,17],农药使用量的增长率明显超过粮食产量的增长率。目前,我国在占世界 9%的耕地上使用了占世界 20%以上的农药,农药过量使用问题十分严重。

用马克思主义唯物辩证法观点来看,农药过量使用既有外部原因也有内部因素,它是我国农业生产发展到一定阶段的历史性产物。

2.1　从历史维度看,农药过量使用是我国农业历史发展阶段性产物

长期以来,我国农业生产以保障粮食安全和农产品的有效供给为目标,主要追求数量型增长,盲目追求高产,忽视了农作物抗病性品种的利用,加之大水大肥等不健康的栽培方式盛行,导致农作物病虫害发生势头上升迅猛。20 世纪 70 年代,全国农作物病虫草鼠害发生面积在 1.33 亿 hm^2 次以下,到 90 年代初翻了一番,增加到 2.67 亿 hm^2 次;到 21 世纪初,攀升至 4 亿 hm^2 次以上;2007 年继续攀升到 5.33 亿 hm^2 次,随后一直维持在 5.33 亿 hm^2 次以上。病虫害发生严重程度 50 年内翻了 4 倍,导致了病虫防治面积增加了 4～5 倍,从而导致农药使用量的大幅攀升[17]。

化学农药的大量使用杀伤了天敌种群,破坏了生物多样性,削弱了自然生态的控害作用。化学农药的大量使用不仅导致自然控制作用下降,而且导致次要害虫的暴发。长期过量使用化学农药还导致农作物主要病虫害产生了抗药性,1990－2015 年的 25 年间,我国已有 80 多种主要有害生物对农药产生了抗性,其中害虫和螨类超过 37 种、植物病原菌 21 种、杂草 25 种[18]。有害生物抗性的产生致使农药防治效果丧失,一些主要或次要病虫害相继暴发成灾,给农业生产造成了重大损失。

施药器械落后导致农药有效利用率低、防治效果差,为确保防治效果又不得不加大用药量。过去 50 年来,我国的施药器械主要以手动式和背负式小型喷雾器械为主,据统计,2017 年我国现有的施药器械合计 208 万台(套),其中,手动式、背负式小型施药器械合计 165.7 万台(套),占总数的 80% 以上,先进高效施药器械仅占不到 10%,农药的有效利用率仅为 38.8%[17]。

2.2　从农民维度看,农药过量使用是我国农业小规模生产的特定产物

我国的基本国情是人多地少,2015 年农村人口 6 亿多、人均耕地 2 240 m^2。20 世纪 80 年代,实行家庭联产承包责任制以后,2.3 亿农户户均耕地不到5 333.3 m^2,经营规模在 6 666.7 m^2 以下的小农户占 80%[19]。虽然近年来国家鼓励土地流转,发展适度规模经营,但是土地流转并没有改变我国以小农户占主体的小规模经营状况。研究表明,小农户有过量使用农药的特质,小规模生产经营方式具有风险规避的本性,由于经济基础薄弱、抗风险能力弱,小农户总是过高地估计病虫危害,特别易于过量使用农药来规避风险[14,16]。小农户由于经营规模小,对过量使用农药的边际成本感受不明显,总是盲目地打“保险药、放心药”,不仅增加了不必要的农药使用次数和用量[16],而且也增加了生产成本。与许多经济发达国家不同,我国对农药使用者没有设置任何门槛,我国的农业从业者文化程度不高,科学安全使用农药知识贫乏,加之大量的青壮劳力纷纷进城务工,农村劳动力素质进一步下降,导致病虫害防治时过量使用农药的现象进一步加重。

2.3　从市场维度看,农药过量使用是我国农药产业发展的阶段性产物

2005 年以来,我国成为全球农药生产、贸易和使用第一大国。目前,我国有农药生产企业有 2 300 多家,已登记的农药有效成分 660 余种,农药产品 3.5 万个,农药年生产量达到 370 多万 t[20]。农药工业的发展壮大为我国农业生产安全和推进经济快速发展打下了坚实的基础。农药产品之丰富、价格之低廉、销售渠道之广阔,世界上没有哪一个国家可以和我国相媲美。在《农药管理条例》修订之前,由于农药指定经营制度未得到执行,农药销售门槛极低,全国农药经销商(包括门店)有 35 万多家,农药经销从业人员 60 多万人。农药市场的繁荣一方面为广大用户提供了丰富的农药产品,另一方面也催生了农药过量使用的肥沃土壤[21-22]。

农药的过量使用带来了突出的经济、社会和环境问题:一是显著增加了农产品的生产成本,目前我国农产品遭遇了价格的“天花板”和生产成本的“地板”的双重挤压,农药的过量使用是造成农产品生产成本上升的主要原因之一。二是严重威胁农产品质量安全。近几年来,类似“毒豇豆、毒大葱、毒韭菜”等农产品质量安全事件不断发生,导致消费者恐慌,产生了不良的社会影响。三是导致了农业生态环境质量下降,生态自然控害能力与自我修复能力降低,严重影响农业可持续发展。四是导致人畜中毒事故的频发,严重影响了广大人民群众的身体健康。过度依赖化学农药、过量使用化学农药防控病虫害的老路已走不通,农业生态环境退化的旧账还要还,破坏生态环境的新账不能欠,农业生产安全和粮食安全不能动摇。出路在哪?农药减量控害就成为必然

的选择。

3 农药减量控害的可行性分析

农药减量控害，目标在减量，底线在控害（控制病虫草鼠危害），关键在降低农药使用所产生的负外部性（降低农药使用所带来的环境成本与社会成本）。农药减量控害既要实现在使用数量上减少，也要做到在产品结构上进行优化。

3.1 从实践上看，国内外已有农药减量控害成功案例

欧洲的丹麦、瑞典、荷兰等经济发达国家十分重视农药减量控害，早在 20 世纪 90 年代就实现了农药减量控害。丹麦是世界上第一个由国会立法实施农药减量控害行动的国家，1986 年就提出并制定了实施农药减量行动计划，以 1981－1985 年的年平均使用农药量为基数，从 1986 年开始至 1991 年 1 月间，将农药的使用量降低了 50%。至今，丹麦农药减量行动计划已经进入到了第五期，农药用量已经减少到原基数的 25%[14,23-25]。随后，瑞典和荷兰也由国会立法并制定了农药减量行动计划。近十年来，越来越多的国家认识到农药减量控害的重要性，如法国推行“理性农业”，韩国推行“亲环境行动”，日本推行“环境保全型农业”。韩国和日本除制定相关的法律法规外，还通过开征差别化农药环境污染税，实施生态补偿政策，开展环境友好型农产品认证，推广非化学防控技术，通过大规模培训农民科学安全用药等方式来实现农药减量控害[23-25]。

我国自 2006 年提出了“公共植保、绿色植保”新理念以来，大力示范推广以优先采用生态控制、理化诱控和生物防治等为主导的绿色防控技术。围绕重点作物、重大病虫、重点区域以及“三品一标”优质农产品生产，开展了绿色防控模式的集成与推广应用，有效遏制了农药用量不断攀升的势头，农药用量增长速率从 2006 年前的 7%降到 2013 年的 3%以内[25-28]。农业部制订并实施了“2014－2020 年农药使用量零增长行动方案”，通过“控、替、精、统”的路径实施农药减量控害，2015－2017 年连续三年实现了农药用量小幅度负增长，提前三年实现了农药使用量零增长的目标。

浙江、江苏和四川等农药使用大省实施了农药减量控害行动并取得了显著进展[29-30]。浙江省 2010 年以来全面实施农药减量控害行动，通过绿色防控技术引领，农业生态补偿机制创新，强化农药使用源头管控并将农药减量指标纳入各级政府考核体系中，全省化学农药用量已从 2010 年的 6.51 万吨下降到 2017 年的 4.63 万吨，年均下降 4.21%[25,27]。江苏省自 2011 年以来，通过实施化学农药减量控害项目，不仅有效地控制了病虫危害，农药使用量年均递减率达到 4.6%[28]。

3.2 从技术水平上看，农药减量控害已具备物质条件基础

以减少农药使用为目的，绿色防控技术研发与应用成效显著，关键技术不断获得突破：如利用昆虫趋光、趋化性等原理，开发并推广应用了诱虫灯等“光诱”技术、性诱剂诱捕和迷向等“性诱”技术、果蔬实蝇害虫“食诱”技术；利用物理阻隔、颜色负趋性等原理，开发并推广应用了防虫网和银灰膜等驱害避害技术；十多种天敌昆虫繁育与释放技术不断得到完善，绿色防控技术集成创新成效显著[31-32]。高效、低用量农药产品的研发；农药器械的改进；专业化统防统治提高了农药利用率等各种替代农药的绿色防控技术与产品不断丰富[12-13,27]，农药减量控害已具备了物质条件基础。

3.3 从发展阶段看，农药减量控害已具备政策保障条件

我国农业已进入从高速度增长向高质量发展转变的新阶段，农产品极大丰富，人们已从过去的“吃得饱”向“吃得好、吃得有营养、吃得更安全”转变[7]，农业生产方式转变为绿色发展，已不再需要过度依赖农药来提高产量。2017 年国务院颁布了新修订的《农药管理条例》，其中第 32 条规定“国家通过推广生物防治、物理防治、先进施药器械等措施，逐步减少农药使用量”，要求“县级人民政府应当制定并组织实施本行政区域的农药减量计划”。《中华人民共和国水污染防治法》第 48 条规定“县级以上地方人民政府农业行政管理部门指导农民合理使用农药，防止过量使用。”《中华人民共和国农业法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国清洁生产促进法》等法律均对农药减量控害作出了具体的规定。一系列法律、条例的出台为农药减量控害的实施提供了政策保障。

4 农药减量控害的对策建议

当前，既要改变“多用药多打粮”的过时观念和过度依赖农药的错误方式，也不能走向另一个极端——妖魔化农药，完全否定农药在确保农业生产安全中的重要作用。实施农药减量控害是一个艰巨的、长期的系统工程，不可能一蹴而就，应加强顶层

设计,统筹规划、明确时间表,制定好路线图,稳扎稳打,分步实施。

4.1　工作思路

培育农业生产新型经营主体、农民、专业化统防统治组织、农药生产企业、农药经销商等单位和群体减量控害的内生动力,是推动此项工作的出发点和着力点。推行农药减量控害行动,必须具有底线思维、系统思维和创新思维意识。

1)底线思维意识。农药减量控害的底线是控害,在有效控制病虫危害的情况下,保证农业生产和粮食安全实现农药减量。农药减量的目标和计划的制订必须要有底线思维意识,农药减量不能走极端,不能不考虑粮食生产和农业生产安全而进行无底线的减量,关键在于把握好度,绝不能无底线地减量而导致病虫害暴发成灾。农药减量首先是要减去过量使用的部分,其次是围绕推进农业绿色发展,在确保农业生产安全的前提下进一步推进农药深度减量,最大限度地降低用药的环境成本和社会成本。

2)系统思维意识。农药减量控害涉及农药行政管理部门、农药生产企业、农药经销商、农技推广部门、农药使用者、农产品消费者等多个部门和利益主体,涉及所有各方的关注和利益调整。每个方面所关注的利益方向不同,他们之间的利益需求既相互关联又存在矛盾。实施农药减量控害行动应加强顶层设计,坚持用系统思维来分析问题和解决问题。“不能只见树木不见森林”,切实考虑各方利益关切,科学制订政策措施,有效化解利益冲突,促进各部门和利益主体相向而行,形成合力,全面协调可持续地推进农药减量控害行动顺利实施。

3)创新思维意识。要坚持“绿水青山就是金山银山”和“绿色植保”理念,把绿色发展理念贯穿于病虫害防控全过程,创新病虫害防控工作的机制体制。探索利用市场化、多元化的生态补偿机制,提高农业生产经营主体实施农药减量控害的积极性。创新政府责任考核机制,条件具备的地区应当把农药减量控害指标列入政府绩效考核体系中。创新病虫害防控方式,培育社会化服务体系,促进专业化统防统治与绿色防控相融合,引领小农户采用绿色防控技术及模式,推进农药减量控害行动。

4.2　政策引导

贯彻落实新修订的《农药管理条例》,强化农药源头管理,严格农药登记评审,严格执行农药生产经营许可制度,全面推进农药废弃物回收,逐步淘汰高毒、高残留农药,调整优化农药产品结构。

督促地方政府按《农药管理条例》制订并严格执行“农药减量控害计划”,特别是以下重点区域优先实行生态补偿计划:一是国家生态保护区,如水源地、自然保护区等重点地区,迫切需要减少或禁止化学农药的使用,防止化学农药造成的面源污染,降低病虫防治对生态环境的影响;二是都市农业区、乡村旅游区等人口密集区,迫切需要采用绿色防控替代化学农药防控,减少人民群众接触化学农药,降低农药对人体健康的危害风险;三是果菜茶优势产区,加快绿色防控技术模式的集成与应用,推行标准化生产,减少果菜茶农药残留,提升农产品品质;四是优质农产品品牌区,强化专业化统防统治与绿色防控融合发展,充分发挥专业化合作社和龙头企业的引领作用,推进农药减量控害,促进质量兴农战略的实施。

4.3　工作路径

农药减量控害必须遵循从易到难、由简到繁的原则,实现从过度依赖农药的传统病虫防控方式向农药减量控害新方式转变。减量的过程是非常复杂的,既涉及农事操作的改变,也涉及生产活动的日常管理,可以从“调整、替代、集成、转变、构建”等五个方面来实施。

1)调整。调整农业生产上使用的农药产品结构,加强农药登记评审。加快淘汰高毒、高残留农药,加速推广环保、高效、低残留农药产品,特别是加大对生物农药的支持力度。

2)替代。采用绿色防控技术或技术模式替代单纯依赖化学农药防控做法,推广使用农艺措施、生物防治、生态控制、物理防治等控制措施。

3)集成。以作物、防控对象、技术产品和农产品为主线集成病虫害绿色防控模式和标准,实行标准化生产。

4)转变。转变防控方式,从单家独户防控病虫方式向专业化统防统治转变,实现从过度消耗地力向培育健康土壤转变,从盲目追求高产向栽培健康作物转变[31-32]。并推进专业化统防统治与绿色防控技术相融合[32],提高农药利用率和病虫防控效率。

5)构建。构建农产品优质优价体系,扶持农业专业合作社,实现农产品品牌销售,促进绿色防控技术的应用。

4.4　措施建议

1)加快高效防治新技术、新农药和新药械研发推广。一是加快病虫害绿色防控新技术,尤其是生

物防治、植物疫苗、生态工程、食源诱控、抗性品种合理布局等绿色防控技术的研发；二是加强高效新药械及施药新方式的研发，如无人机配套剂型、农药增效减量助剂、导向施药、精准施药技术的研发。三是大力推广高效、安全、先进的施药器械，提高农药利用率，降低农药对环境的面源污染。

2)加快农药减量控害综合技术的集成与推广应用。以健康栽培为基础，集成组装并推广应用生物防治、生态控制和理化诱控等技术模式，围绕“三品一标”及优质绿色农产品生产，集成并推广应用以非化学防治技术为主导的全程绿色防控技术模式，加快替代化学防治的绿色防控新技术标准的制订、研发与推广应用。

3)加强专业化统防统治等社会化服务体系建设。鼓励扶持农业专业合作社、农药生产企业、农药经销商、新型经营主体提供农药使用一体化服务，实现统防统治；建立专业化统防统治信息化服务平台，为统防统治组织提供信息化服务；加强对统防统治组织人才队伍进行培训，提高相关人员的科学安全用药知识水平。

4)加强科学安全使用农药知识的宣传培训。充分利用广播、电视以及网站等媒体普及科学安全使用农药知识，通过现场会、农民田间学校、田间活动日等方式加强对农户、新型经营主体等进行科学安全使用农药知识培训，根据防治指标和生态分析及时指导农户科学用药。

参考文献

[1] 杨普云. 从经济学角度分析农作物病虫害防治技术的环境和社会成本[J]. 中国植保导刊，2007，27(3)：7－10.

[2] 金书秦，方菁. 农药的环境影响和健康危害：科学证据和减量控害建议[J]. 环境保护，2016，44(24)：34－38.

[3] 张国，逯非，黄志刚，等. 我国主粮作物的化学农药用量及其温室气体排放估算[J]. 应用生态学报，2016，27(9)：2875－2883.

[4] 杨军. 减少化肥农药用量是保护恢复农业生态环境的重要保证[J]. 辽宁农业科学，2015(5)：66－68.

[5] 薛旭初. 化肥、农药的污染现状及对策思考[J]. 上海农业科技，2006(5)：37－40.

[6] 张大弟. 我国农用农药环境影响评价[J]. 上海交通大学学报(农业科学版)，2002，20(S1)：1－5.

[7] 曾衍德. 抓住机遇乘势而上努力开创全国农作物病虫绿色防控工作新局面[J]. 中国农技推广，2018，34(4)：3－6.

[8] 张福锁. 科学认识化肥的作用[EB/OL]. (2016－12－14)[2018－06－26]. http://www.moa.gov.cn/xw/zwdt/201612/t20161214_5407135.htm.

[9] 杨益军. 中国三大粮食作物农药使用情况深度分析及问题探讨[J]. 农药市场信息，2015(26)：31－35.

[10] 蕾切尔·卡逊. 寂静的春天[M]. 上海：上海译文出版社，2015：5－9.

[11] PRETTY J，BHARUCHA Z P. Integrated pest management for sustainable intensification of Agriculture in Asia and Africa [J]. Insects，2015，6(1)：152－182.

[12] 邵振润. 农药减量靠什么来实现？[J]. 农药市场信息，2015(7)：16－17.

[13] 邵振润，张帅. 努力抓好农药科学减量使用的思考与对策[J]. 中国植保导刊，2015，35(8)：75－78.

[14] RIMENTEL D，PESHIN R. Integrated pest management [M]. Springer Netherlands，2014：1－12，467－554.

[15] 王常伟，顾海英. 市场 VS 政府，什么力量影响了我国菜农农药用量的选择？[J]. 管理世界，2013(11)：50－66.

[16] 杨普云，李萍，周金玉，等. 云南小规模农户蔬菜种植习惯和病虫防治行为研究[J]. 植物保护，2007，33(6)：94－99.

[17] 全国农业技术推广服务中心. 植保统计资料数据库[DB]. 1968－2017.

[18] 张帅. 我国农业病虫害抗药性发展现状与对策[EB/OL]. (2015－10－27)[2018－06－26]. http://www.agroinfo.com.cn/other_detail_2109.html.

[19] 孔祥智. 中国农业规模经营现状与现代农业的发展出路[J]. 探索与争鸣，2018(2)：26－27.

[20] 周喜应. 加强农药监管，助力乡村振兴战略的有效实施[J]. 农药市场信息，2018(8)：6－10.

[21] 汪建沃. 农药减量控害，不应只是企业的事儿[J]. 营销界(农资与市场)，2015(20)：27.

[22] 汪建沃. 农药使用减量势在必行[J]. 农药市场信息，2015(8)：21.

[23] 朱春雨，杨峻，张楠. 全球主要国家近年农药使用量变化趋势分析[J]. 农药科学与管理，2017，38(4)：13－19.

[24] 阎世江，张继宁，刘洁. 世界各国农药减量化实践调查[J]. 农药市场信息，2017(5)：26－28.

[25] 金书秦，张惠. 化肥、农药零增长行动实施状况评估[J]. 中国发展观察，2017(13)：35－39.

[26] 闵红. 我国农药减量控害技术的现状及展望[J]. 中国植保导刊，2017，37(6)：83－85.

[27] 李学荣，王慧芳，张利国. 国外农药减量施用政策实践及对中国的启示[J]. 世界农业，2016(11)：74－79.

[28] 束放，熊延坤. 我国农药生产现状和农药减量使用的重要意义[J]. 山东农药信息，2016(2)：18－20.

[29] 张绍明，田子华，何东兵，等. 江苏省化学农药减量控害技术的实践与思考[J]. 中国植保导刊，2015，35(7)：79－81.

[30] 尹勇，封传红，张伟，等. 四川省推进农药减量控害行动的思考[J]. 中国植保导刊，2015，35(10)：79－82.

[31] 杨普云. 农作物有害生物全程绿色防控技术模式的集成与推广应用[J]. 中国植保导刊，2018，38(4)：21－25.

[32] 杨普云，任彬元. 促进农作物病虫害绿色防控技术推广应用——2011 至 2017 年全国农作物重大病虫害防控技术方案要点评述[J]. 植物保护，2018，44(1)：6－8.

(责任编辑：田 喆)