

## 我国苹果种植业引发的环境问题及保护对策

付三泽<sup>1</sup>, 宋伟<sup>2</sup>, 卓会敏<sup>1</sup>, 宋慧<sup>1</sup>, 任丽军<sup>1\*</sup>

(1. 山东大学环境科学与工程学院, 山东青岛 266237; 2. 山东省栖霞果业发展服务中心, 山东栖霞 265300)

**摘要** 苹果是我国产量最高的水果,也是苹果适栽区域农民致富的支柱产业。但是快速发展的苹果种植业带来了严重的环境污染问题。因此了解苹果种植中的环境问题并提出解决措施是很有必要的。介绍了近十几年来我国苹果产量、栽培面积的发展趋势和苹果产区的分布情况,同时指出我国苹果种植业由于大量使用化肥农药等生产资料而带来的一系列如大气污染、水体富营养化、土壤退化、人体健康危害等环境问题,并针对这些问题提出了精确化施肥技术、建立病虫害综合防治技术体系、加强地膜和反光膜的回收利用等建议,对提高苹果质量、改善果园的生态环境、实现我国苹果产业的绿色可持续发展具有重要意义。

**关键词** 苹果;环境问题;保护对策

中图分类号 S181.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)11-0085-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.11.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Environmental Problems Caused by Apple Planting Industry in China and Protection Countermeasures**FU San-ze<sup>1</sup>, SONG Wei<sup>2</sup>, ZHUO Hui-min<sup>1</sup> et al (1. School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Qingdao, Shandong 266237; 2. Shandong Qixia Fruit Industry Development Service Center, Qixia, Shandong 265300)

**Abstract** Apple is the fruit with the highest yield in China, and it is also the pillar industry for farmers to grow rich in apples. However, the rapid development of apple planting has brought serious environmental pollution problems. Therefore, it is necessary to understand the environmental problems in apple planting and propose solutions. This paper introduces the development trend of apple yield and cultivated area and the distribution of apple production area in China in the past ten years. At the same time, it points out that China's apple planting industry has brought a series of environmental problems such as air pollution, water eutrophication, soil degradation and human health hazards due to the use of chemical fertilizers and pesticides. In response to these problems, suggestions are made for precise fertilization techniques, establishment of integrated pest control technology systems, and enhancement of recycling of membranes and reflective membranes. It is of great significance to improve the quality of apples, improve the ecological environment of orchards, and achieve the sustainable green development of China's apple industry.

**Key words** Apple; Environmental issues; Protection countermeasures

苹果是我国种植面积最大、产量最高、经济地位最重要的果树,苹果产业在发展我国农村经济、促进农民增收、扩大出口创汇等方面均发挥了重要作用。多年来,我国苹果产量快速上升,效益逐年提高,苹果产业稳步发展<sup>[1]</sup>。然而,快速发展的苹果产业在拉动我国经济增长的同时,也引发了一系列的环境问题。比如:苹果种植区内使用的除草剂和杀虫剂污染了种植区的土壤、大气和周围的河流、地下水;苹果套袋技术的应用每年会产生大量废弃苹果袋;苹果表面的农药残留会危害人体健康和周边的环境等。研究这些问题并提出解决对策有利于改善果园生态环境,实现我国苹果种植业的可持续发展;有利于提高所产苹果的质量,打破贸易壁垒,增强我国苹果产业在国际上的竞争实力,实现我国苹果出口量的快速上升。

**1 我国苹果种植业现状分析**

2016年我国苹果栽培面积232.38万hm<sup>2</sup>,占我国果园总面积的17.9%;苹果产量4388.2万t,占我国水果总产量的15.5%,为我国第一大水果。1997年以来,我国苹果栽培面积先呈下降趋势,于2004年达到最低点,然后呈平稳上升趋势,总体相比下降了18.0%。苹果产量一直呈稳中有升趋

势,总体相比增长了147.5%。1997—2016年我国苹果栽培面积、产量情况如图1所示。

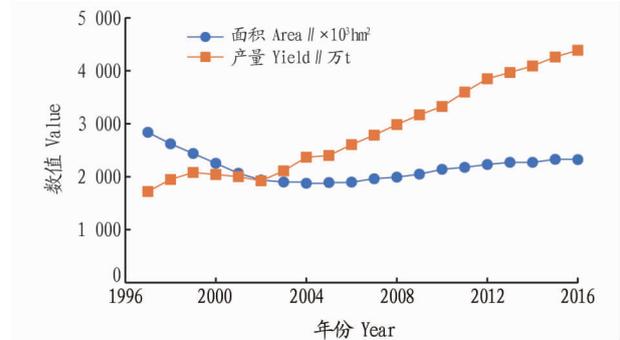


图1 1997—2016年苹果种植面积和产量变化趋势

Fig.1 Trends in apple acreage and yield in 1997-2016

我国的苹果生产主要集中在环渤海和西北黄土高原两大产区。2016年我国苹果产量在100万t以上的省份有陕西(1100.8万t)、山东(978.1万t)、河南(438.6万t)、山西(428.6万t)、河北(365.6万t)、甘肃(360.1万t)、辽宁(256.6万t)和新疆(136.6万t)(图2)。以上8个省、自治区苹果产量占全国苹果产量的92%左右。

我国苹果栽培面积和产量均居世界首位。然而与其他主要苹果种植国家(如美国、法国和意大利)的平均产量相比,我国的年平均苹果产量具有显著差距。在我国果农基本上是中老年人,受教育水平低,缺乏先进的栽培技术指导,使得苹果生产的标准化程度低;果园多位于丘陵、山区等地,分

**基金项目** 国家重点研发计划(2017YFF 0211503)。**作者简介** 付三泽(1995—),男,湖北荆州人,硕士研究生,研究方向:环境管理。\*通信作者,教授,博士,从事环境规划与管理、战略环境影响评价及环境法学等方面研究。**收稿日期** 2019-05-08; **修回日期** 2019-11-08

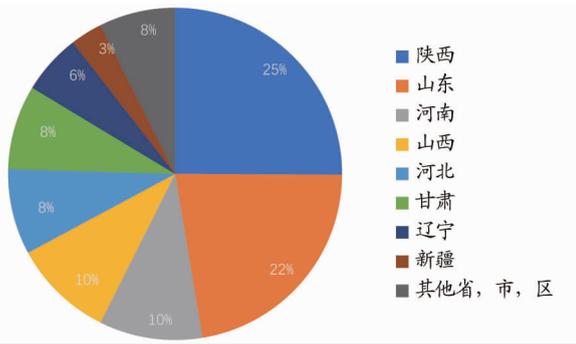


图2 2016年我国不同省份苹果产量分布情况

Fig.2 Distribution of apple production in different provinces in 2016

布零散且地面凹凸不平,无法进行机械化作业;果树结构紊乱,树木老化加速,微环境恶化,病虫害增加等因素导致苹果单产降低。同时由于品质等因素,我国苹果在出口贸易方面也不占优势。同时不可忽视的是,随着我国生态文明建设不断推进,人们越来越关注苹果种植所带来的环境问题。

## 2 我国苹果种植业引发的环境问题

### 2.1 化肥与有机肥污染

世界上苹果生产发达国家的化肥施用量较低,如美国苹果园  $N$ 、 $P_2O_5$  和  $K_2O$  的平均投入量分别为 220、100、200  $kg/hm^2$ ,巴西的  $N$ 、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  的平均投入量为 220、150、370  $kg/hm^2$ ,意大利和西班牙等欧洲国家的  $N$ 、 $P_2O_5$  和  $K_2O$  的平均投入量分别为 150~400、100~150、100~370  $kg/hm^2$ ,综合来看,国外果园的  $N$ 、 $P_2O_5$  和  $K_2O$  的推荐施用量分别为 150~200、100~150、150~200  $kg/hm^2$ <sup>[2]</sup>。但是我国在苹果生产过程中大量使用化肥的现象十分普遍。比如我国苹果园栽培面积仅占全国耕地总面积的 1.7%,而化肥消费量高达 217.3 万 t,达到全国化肥总消费量的 3.7%<sup>[3]</sup>。农业部统计资料显示,我国苹果园纯氮用量已由 2008 年的 360  $kg/hm^2$  增加到 2014 年的 490  $kg/hm^2$ ,其中苹果产量较高的山东省胶东半岛产区施氮量高达 837  $kg/hm^2$ <sup>[4]</sup>,陕西省苹果产区的施氮量也超过了全国平均水平,达到 617.7  $kg/hm^2$ <sup>[5]</sup>。受“施肥越多,产量越高”、“要高产就必须多施肥”等传统观念的影响,果农通过投入大量化肥来获得高产,不仅导致生产成本剧增,部分肥料经过硝化和反硝化作用转化成二氧化氮进入大气,导致温室气体排放增加<sup>[6]</sup>。另外,化肥的过量投入会增加土壤重金属和有毒元素,导致营养失调,造成土壤硝酸盐累积,使果园土壤恶化,出现严重板结、酸化、盐渍化现象。生产中使用的过剩氮肥、磷肥,会随雨水进入河流湖泊,使地表水中营养物质逐渐增多,造成水体富营养化从而破坏了水环境,影响人类的生产生活<sup>[6]</sup>。另外,由于过量施用化肥,苹果产品中含有大量的硝酸盐和氯化物。这些是诱发人类各种病症的原因之一。

有机肥是果园土壤重金属污染的主要来源。杨晓磊等<sup>[7]</sup>在上海郊区进行有机肥料重金属累计效应试验,发现施用过量的有机肥后,重金属会在土壤和作物中均有累积。持续过量施肥可能会引起土壤中重金属超过环境允许最大容量,特别是铜已经有较明显的环境影响。目前我国有机肥料

的重金属离子含量非常高。为了提高畜禽的抗病性,促进其生长,Cu、Zn、As 等重金属常被用作我国大型畜禽养殖的饲料添加剂,结果饲料中的重金属含量超过消化吸收能力并被动物排泄而被作为有机肥料使用<sup>[8]</sup>。

### 2.2 农药污染

据统计,我国苹果园农药消费量高达 14.1 万 t,占全国农药总消费量的 7.7%,农药单位面积施用量是美国的 1.6 倍<sup>[9]</sup>。由于部分果农不了解果园病虫害防治的基本方法和原则,而是单一运用农药防治。往往每隔 7~15 d 就喷 1 次药。陈琦<sup>[10]</sup>调查了陕西关中地区 187 农户苹果园农药使用情况,发现农药已经被过量地使用。农药的实际使用量为 106.50  $kg/hm^2$ ,而计算所得农药使用的相对最优量为 4.065  $kg/hm^2$ ,其实际使用量已经远远超过了最优量。目前防治苹果病虫害最主要的方法是农药喷雾,使用的技术是大容量喷雾。通过喷雾使药液均匀分布在果树上,由于雾滴大,雾化性能差,使用这种喷药方法,药液的 70%~80% 洒落在土壤、空气、地下水中。农药喷洒落在土壤上,造成土壤的孔隙度变小、结构板结,土壤酸化现象异常明显。还有些果农为了尽快达到防治病虫害的目的,使用已禁用的高毒、剧毒农药,致使苹果果实中的农药残留量大大超标,由此造成严重的果实污染,农药通过皮肤、呼吸道、消化道等途径进入人体内,威胁人类的身体健康与生命安全<sup>[11]</sup>。

### 2.3 地膜及反光膜污染

为了提高苹果幼树的成活率,果农一般会在栽植浇水后地面铺设黑色塑料地膜,地膜对保持土壤水分和解决树下杂草效果很好。然而随着气温的升高,七八月份黑色地膜便破碎成难以降解的污染物。由于大量农用残膜的存在,破坏了土壤的原有结构,使土壤失去了保水保肥特性,严重时会引起地下水难以下渗和土壤次生盐碱化等严重后果。随着越来越多的残膜留在了土壤中,使得土壤的营养、净化、缓冲功能和有机体的支持功能逐渐丧失,造成苹果减产,也不利于农业的可持续发展。尤其使用过后的残膜弃于田边、地头,不仅破坏土壤结构,影响农作物生长发育,更危及区域内牲畜生长发育和人类的身体健康。

苹果园铺设反光膜技术已经在全国各主要果区得到大量推广应用。但是反光膜用后丢弃在果园内或其周围,加之地面上未及时清理的烂苹果、落叶和修剪后的枝条,会使整个果园看起来像一个垃圾场,造成“视觉污染”<sup>[12]</sup>。同时,由于反光膜的主要成分是塑料,自然降解能力很差,如果埋到土里,容易对土壤造成二次污染。反光膜表层上镀的铝层经过雨水的冲刷或者与土粒的摩擦会脱落并渗入土壤,加剧土壤酸化。曹洪建等<sup>[12]</sup>对乳山地区苹果园铺设的反光膜进行了研究。他们发现乳山地区的苹果园铺设的反光膜使用时长仅为 1 年,且用后随意丢弃。这些废弃的反光膜由于成分复杂,很难降解,会影响果树的根系吸收养分和水分。同时,反光膜中的增塑剂等物质渗出会污染周围的土壤和地下水。部分果农对反光膜采取的处理方式是焚烧,但反光膜焚烧则易产生毒素二噁英,会给吸入者造成心脏病、糖尿病、过敏、不孕、癌症等疾病的隐患。

### 2.4 套袋污染

我国水果套袋广泛用于保护水果免受鸟咬

和虫害侵害,并在糖含量和外观方面提升水果的质量。然而,套袋也带来了一系列负面影响,如劳动力成本和经济成本的增加,相对较大范围的污染物排放和资源消耗。目前我国果农用的套袋苹果纸袋,都是木浆纸,较高水平的果农生产1 kg苹果需6~7个纸袋,每个纸袋按5 g纸计算,生产1 kg苹果,约需纸张33 g,1 t苹果则需纸张33 kg。以2016年我国苹果产量4 388.2万t计算,给苹果套袋需纸张140万t,这不仅大大增加了成本,而且果实采收前摘除的纸袋若不及时处理,则飘落满地,严重污染了环境。同时我国苹果生产者在套袋栽培时往往存在技术操作不规范、不到位的问题,导致套袋果实频发质量问题。尤为突出的问题之一是套袋果实生理病害日趋严重,因套袋引发的黑点病、红点病、苦痘病、痘斑病、裂纹病、煤污病、日灼等果实病害每年都有不同程度发生。康氏粉蚧也日益严重,严重危害果品质量<sup>[13]</sup>。

### 3 对策

**3.1 精确化施肥技术** 科学施肥,提高肥料利用率,减少由于化肥损失带来的环境污染是关系到苹果产业能否实现绿色可持续发展的重大科技问题。因此必须实施精确化施肥技术,所谓精确化是指基于作物养分需求规律、生长发育规律和土壤养分供应规律而制定的施肥策略,既有利于果树高产稳产优质,同时又最大程度降低施肥对环境的负面影响。要想实现苹果产量和生态环境质量的双增长,必须按照果树的实际情况进行配方施肥,基肥要及时施加,根据果树的生长情况和开花、结果情况适当施加追肥,增加有机腐殖质的施加量,适量施用无机肥料,按照地区标准和技术要求科学施肥。李涛涛等<sup>[14]</sup>研究了不同施肥类型对旱地富士苹果生产和产量的影响。他们发现,合理的施肥可以使苹果的坐果率从14.24%增加到27.00%,使树的周长从29.03%增加到61.29%,使每棵树的产果率从19.41%上升到52.88%,促进苹果生长和增产。侯广军等<sup>[15]</sup>以烟台主栽红富士品种烟富3为试材研究发现,化肥减施30%可将烟富3的结果数量提高7.7%,单果重增加6.4%,优质果率提高6.1%。科学合理的施肥可以提高苹果产量和质量,改良土壤结构,增强土壤肥力,提高树体抗病、虫、灾害的能力。因此,要想实现我国苹果产业的可持续发展,必须进行科学合理施肥。令人鼓舞的是,我国政府提出了“到2020年实现化肥和农药使用零增长”的目标。对于使用大量肥料和农药的苹果,到2020年鼓励施肥减少25%,农药使用减少35%。

**3.2 建立病虫害综合防治技术体系** 世界上许多国家都在使用水果生产综合管理技术体系IFP(integrated fruit production),这个体系的核心是病虫害综合防治,即采用物理、生物等对环境无影响或影响小的措施防控病虫害,不使用毒性强的农药。因此,我国应学习国外的做法在农药施用方面,鼓励使用高效、低毒、低残留的生物农药,尽量减少化学合成农药的使用,若需使用化学合成农药,要按标准规定,严格控制施用时间,减少因农药的不合理使用对环境产生的影响。由于目前使用的喷药机器雾滴大,雾化性差,应尽快推广使用新型环保施药器械,对购置新型环保施药器械的生产者给予

适当补贴<sup>[16]</sup>。同时,进一步加强对苹果病虫害的研究,建立完善的病虫害预测报警系统,研制高效低毒的化学药剂,深入研究病虫害综合防治技术,研究并建立以生态调节为核心的病虫害综合防治体系。同时,加强对果品农药残留的监测,探索有机果品生产技术,实现苹果质量和生态环境质量的双增长。地方质量监测中心应指导农民,帮助其纠正实践,建立严格的喷药检查制度。

**3.3 加强地膜和反光膜的回收利用** 农业监管部门应大力推广适期揭膜技术,减少残膜污染。积极做好监测管理、示范引导带动,重点在苹果示范园、示范基地和种植大户等大型种植区域,对其提供统一指导、统一覆盖、统一揭膜等示范引导服务,落实人工和机械回收相结合的措施,提高地膜和反光膜回收率。制定优惠政策,鼓励回收、加工、利用废旧地膜和反光膜的企业发展。对从事废旧地膜和反光膜回收加工利用的企业及其设立的回收点,每年根据其回收加工量,采取以奖代补扶持措施。同时,实施地膜和反光膜回收补助激励机制,调动农户废膜回收的积极性和自觉性。

**3.4 推行苹果无袋化技术** 据调查,美国、法国、日本等世界苹果生产先进国家均实行果园无袋化栽培技术,苹果栽培逐步向无袋化栽培过渡是大势所趋。无袋化栽培既有利于保护生态环境,又有利于劳动者和消费者的健康安全,符合现代果业生态环保的要求。但是无袋栽培并不是简单的不套袋,是一项栽培制度变革,也是一个非常复杂的系统工程,涉及多项配套技术的改革,主要通过易着色苹果品种培育及现代栽培模式创建等各种措施,使不套袋的苹果在果面光洁度、着色等方面达到或基本达到套袋苹果的标准。必须做好顶层设计,全面谋划,稳步推进<sup>[17]</sup>。

**3.5 建立绿色果品安全监测体系** 加强绿色果品生产过程的监测管理力度。应建立从生产果园到消费者食用的全程监管体系。实现绿色苹果生产,确保果品营养、安全。对苹果产品实行严格的市场卫生安全监测准入制。

### 参考文献

- [1] 翟衡,史大川,束怀瑞.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007,24(3):355-360.
- [2] 姜远茂,葛顺峰,毛志泉,等.我国苹果产业降本增效关键技术IV:苹果高效平衡施肥技术[J].中国果树,2017(4):1-4,13.
- [3] 葛顺峰,姜远茂.苹果化肥农药减施增效技术途径与研究展望[J].植物生理学报,2016,52(12):1768-1770.
- [4] 魏绍冲,姜远茂.山东省苹果园肥料施用现状调查分析[J].山东农业科学,2012,44(2):77-79.
- [5] 赵佐平,同延安,刘芬,等.渭北旱塬苹果园施肥现状分析评估[J].中国生态农业学报,2012,20(8):1003-1009.
- [6] 李宝刚,谭超,何容信.化肥对环境的污染及其防治[J].现代农业科技,2009(4):193-194.
- [7] 杨晓磊,王寓群,严瑾,等.有机肥料重金属在土壤和作物中的积累效应研究(英文)[J].Agricultural science & technology,2013,14(7):1021-1025.
- [8] ZHU Z L, JIA Z H, PENG L, et al. Life cycle assessment of conventional and organic apple production systems in China[J]. Journal of cleaner production, 2018, 201: 156-168.
- [9] 葛顺峰,朱占玲,魏绍冲,等.中国苹果化肥减量增效技术途径与展望[J].园艺学报,2017,44(9):1681-1692.
- [10] 陈琦.陕西省苹果种植户安全用药行为影响因素分析[D].杨凌:西北农林科技大学,2013.

- 技导报,2006(12):82-84.
- [2] 刘宝军,张金宏. 新中国的水库工程建设和防洪[J]. 防汛与抗旱,1999(3):20-25,49.
- [3] 赵国理,廖明智. 大王滩水库饮用水水源污染状况及治理对策[J]. 红水河,2014(3):115-119.
- [4] 王壮良,何傅渊,严爱兰. 慈溪市梅湖水库生活污染的调查和防治[J]. 安徽农业科学,2015,43(2):246,276.
- [5] 汤洁,张爱丽,李昭阳,等. 基于“3S”技术的大伙房水库汇水区农村生活污染负荷分析[J]. 湿地科学,2012,10(3):306-311.
- [6] 陈永焦. 浅谈我国水污染现状及治理对策[J]. 科技信息,2010(11):381-382.
- [7] 郑海霞. 中国流域生态服务补偿机制与政策研究:基于典型案例的实证分析[M]. 北京:中国经济出版社,2010.
- [8] 王玲玲,张斌,闫春森,等. 三峡库区面源污染综合管理前景与方法探究[J]. 环境科学与技术,2013,36(S1):311-314.
- [9] 黄文敏,毕永红,胡征宇,等. 丹江口水库农业面源污染特征研究[J]. 环境科学与管理,2012,37(1):33-38.
- [10] 孟秋莉. 我国水库旅游开发研究:以十堰市丹江口库区生态型旅游开发为例[D]. 上海:上海师范大学,2007.
- [11] 程慧,张春玲,王文民,等. 雪野旅游发展对雪野水库生态环境的影响及对策[C]//河海大学,中国水利经济研究会,黑龙江省水利科学研究院. 2017中国水资源高效利用与节水技术论坛论文集. 北京:北京沃特咨询有限公司,2017:6.
- [12] 曹帆,李铁松,任光前,等. 四川省升钟水库旅游活动对水环境的影响[J]. 浙江水利科技,2015,43(2):10-12.
- [13] 熊燕娜,付青,王山军. 黄龙滩水库饮用水源流动源污染风险分析[J]. 环境与可持续发展,2016,41(5):146-149.
- [14] 季利宾,张子祥,范永同,等. 南水北调中线水源地丹江口库区船舶污染现状及应急对策建议[J]. 中国水运,2016,16(2):135-137.
- [15] 王小冬,秦伯强,刘丽贞,等. 底泥悬浮对营养盐释放和水华生长影响的模拟[J]. 长江流域资源与环境,2011,20(12):1481-1487.
- [16] 马梅,董中华,王怀瑾,等. 乐安江水和沉积物样品的生物毒性评估[J]. 环境化学,1997(2):167-171.
- [17] FAN W H,ZHANG B,CHEN J S,et al. Pollution and potential biological toxicity assessment using heavy metals from surface sediments of Jinzhou Bay[J]. Acta scientiae circumstantiae,2006,26(6):1000-1005.
- [18] BREKOVSKIKH V F,VOLKOVA Z V,KOCKARYAN A G. Heavy metals in the Ivan'kovo Reservoir bottom sediments[J]. Water resources,2001,28(3):278-287.
- [19] LIU L,LI F S,XIONG D Q,et al. Heavy metal contamination and their distribution in different size fractions of the surficial sediment of Haihe River, China[J]. Environmental Geology,2006,50(3):431-438.
- [20] 罗锋,华松林,王兴,等. 东莞水库底泥重金属污染及潜在生态风险评估[J]. 环境科学与技术,2018,41(2):183-188,196.
- [21] 全国水污染防治部际协调小组办公室. 水污染防治工作简报(2017年第3期)[R]. 2017.
- [22] 张文广. 农村生活污水处理技术分析[J]. 绿色环保建材,2018(3):42.
- [23] 韩静. 河北省农村生活污水治理对策研究[D]. 保定:河北大学,2017.
- [24] 央广网. 农村垃圾年产生量达1.5亿吨,只有一半被处理[EB/OL]. (2016-06-20)[2019-05-08]. [http://www.cnr.cn/gongyi/news/20160620/t20160620\\_522444736.shtml](http://www.cnr.cn/gongyi/news/20160620/t20160620_522444736.shtml).
- [25] 张璋,毛昊莹. 农村生活污染治理现状与支付意愿研究[J]. 中国市
- 场,2017(5):153-154.
- [26] 程亚兰,王义红,肖迢,等. 十堰市工业点源污染治理调研报告[J]. 湖北工业职业技术学院学报,2015,28(2):23-26,44.
- [27] 江静,郭伟. 京津冀工业污染治理现状比较及对策研究[J]. 价值工程,2016,35(1):26-29.
- [28] 林志强,张春龙,汤久红,等. 农业面源污染治理研究:惠州市实践经验及启示[J]. 黑龙江科学,2016,7(18):144-146,148.
- [29] 陈明国. 多级渗滤系统对西部小城镇农业径流污染拦截净化效果研究[D]. 重庆:重庆大学,2010.
- [30] 李靖洁. 官厅水库流域水污染控制对策研究[D]. 石家庄:河北科技大学,2011.
- [31] 全国水污染防治部际协调小组办公室. 水污染防治工作简报(2017年第6期)[R]. 2017.
- [32] 宁萍,聂剑宁. 三峡库区江面漂浮垃圾治理的探讨[J]. 三峡环境与生态,2009,2(3):5-8.
- [33] 薛进杰. 汾河水库库区水土流失及边坡绿化工程设计[J]. 山西水土保持科技,2013(2):33-34,38.
- [34] 郝宝华. 干桥水库生态环境保护方案效益评估研究[D]. 天津:河北工业大学,2015.
- [35] 夏培度. 高度重视三峡库区船舶生活污水的处理[J]. 团结,2006(3):41.
- [36] 周永峰. 为了三峡库区的碧水清波[N]. 中国水运报,2012-10-12(003).
- [37] 刘影爽. 黄壁庄水库春季集中整治非法捕捞行动收效显著[J]. 河北渔业,2013(4):70.
- [38] 朱岗辉,孙宏亮,康阳,等. 中国台湾地区底泥重金属污染防治经验及启示[J]. 环境污染与防治,2016,38(6):98-100,104.
- [39] 汤利. 阿哈水库底泥环保疏浚工作完成[N]. 贵阳日报,2018-01-22(002).
- [40] 陈蕾. 水库内源氮磷释放的覆盖技术研究[D]. 青岛:中国海洋大学,2011.
- [41] 刘启明,成路,沈冰心,等. 沸石覆盖层控制水库底泥氮磷释放的影响因素[J]. 集美大学学报,2010,15(5):18-21.
- [42] ONGLEY E D,ZHANG X L,TAO Y. Current status of agricultural and rural non-point source pollution assessment in China[J]. Environmental pollution,2010,158(5):1159-1168.
- [43] 张小荣. 分析水库管理中存在的问题及解决措施[J]. 低碳世界,2016(34):160-161.
- [44] 徐志璐. 辽河流域水污染状况及对策研究[D]. 长春:吉林大学,2014.
- [45] 付新喜,吴晓英. 组合人工湿地系统治理受污染的长沙市星月水库水[J]. 中国给水排水,2016,32(12):110-113.
- [46] 李喜印. 水库型水利风景区资源保护与利用研究[D]. 福州:福建农林大学,2012.
- [47] 李国平,陈立婧. 上海青草沙水库浮游生物的动态变化和鲢、鳙鱼产潜力估算[J]. 水产科技情报,2017,44(6):296-299.
- [48] 王娜. 水库管理工作中存在的问题及强化措施[J]. 智能城市,2017(1):247.
- [49] 张玉炳,杨明化,何向阳,等. 智慧水库一体化管理平台特点介绍[J]. 水利规划与设计,2018(2):85-88.
- [50] 章云迪. 水库生态伦理问题与对策研究[D]. 南京:南京林业大学,2015.

(上接第87页)

- [11] 单兰浙. 农药污染的危害与生物修复[J]. 资源节约与环保,2017(6):112-113.
- [12] 曹洪建,何秀丽,修明霞,等. 苹果园反光膜污染及对策[J]. 烟台果树,2011(3):54-55.
- [13] 君广斌,曹伟. 苹果套袋技术发展面临的问题及前景[J]. 山西果树,2017(4):24-25.
- [14] 李涛涛,翟丙年,李永刚,等. 有机无机肥配施对渭北旱塬红富士苹果树生长发育及产量的影响[J]. 果树学报,2013,30(4):591-596.
- [15] 侯广军,陈海宁,杜加银,等. 化肥减肥30%对红富士苹果产量与品质的影响[J]. 烟台果树,2018(3):9-11.
- [16] 高小松,胡晓望,张新社. 苹果农药残留产生的原因及对策[J]. 北京农业,2013(18):217.
- [17] 陈学森,毛志泉,姜远茂,等. 果园生草培肥地力技术[J]. 中国果树,2017(3):1-4,102.