

基于环境友好型农业的农村水利现代化建设

孙金华, 陈成, 颜志俊, 王会容, 朱乾德, 张明月

(南京水利科学研究院 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 南京 210029)

摘要: 随着水利现代化的快速发展, 农村水利现代化建设日益受到关注。分析认为, 农村水利现代化在宏观战略上具有突出的必要性与迫切性, 在农村水利现代化建设中需注重农业面源污染防治这一关键问题, 而解决的根本途径是发展环境友好型农业。为此, 提出了发展环境友好型农业, 落实最严格水资源管理制度的有效措施和对策。

关键词: 农村水利现代化; 环境友好型农业; 农业面源污染

中图分类号: S27 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2013)04-0161-05

Rural Water Conservancy Modernization Based on Environment friendly Agriculture

SUN Jinhua, CHEN Cheng, YAN Zhijun, WANG Huirong, ZHU Qiande, ZHANG Mingyue

(Nanjing Hydraulic Research Institute, State Key Laboratory of Hydrology and Water Resources and Hydraulic Engineering Science, Nanjing 210029, China)

Abstract: With the rapid development of water conservancy modernization, the construction of rural water conservancy modernization received more attention. The rural water conservancy modernization was necessary and urgent from aspect of macro strategy. The critical issue was agricultural non point source pollution during the construction of rural water conservancy modernization, and the environment friendly agriculture was the fundamental approach to reduce the pollution. Some measures were proposed to develop the environment friendly agriculture and implement the strictest water resources management system.

Key words: rural water conservancy modernization; environment friendly agriculture; agricultural non point source pollution

农村水利是改善农业生产、农民生活、农村生态环境条件的基础设施, 是促进农业增产、农民增收的物质保障措施^[1]。农村水利现代化是实现水利现代化和农业现代化的前提和基础条件, 是落实最严格水资源管理制度的重要保障。然而, 随着粮食需求总量的持续增长、化肥农药施用量的快速增加, 以及存在农业结构不合理、用水效率低下等因素, 农业用水较大, 农业面源污染日趋严重, 生态不断恶化, 不仅影响着地表水水质, 还直接威胁着土壤、地下水和农作物的健康与安全。本文针对日益严重的农业面源污染现状, 结合中国特色的农村水利现代化建设, 研究如何构建环境友好型的农业生产体系, 这对于减少农业面源污染, 改善农村生态环境是非常必要的。

1 农村水利现代化的宏观战略意义

农村水利现代化是一个相对的概念。所谓相对, 是指在不同的历史时期, 由于科学技术和社会、农业生产力的发展, 农村水利现代化的内涵会发生变化, 其标准也会不断提高。

现阶段仅是对世界发达国家农村水利所达到的先进状态的反映。目前农村水利现代化较普遍的定义为: 遵循人与自然和谐相处的原则, 运用现代先进的科学技术和手段, 以水安全性和水环境建设为主线, 以优化配置水资源为中心, 以建设节水防污型社会为重点, 充分发挥水资源多功能作用, 不断提高水资源利用效率, 改善环境与生态, 实现水资源的可持续利用, 保障经济社会的可持续发展^[2]。从这个定义可以看出, 农村水利现代化的目标是充分利用水资源的多功能性, 提高水资源利用效率, 改善环境和生态。农村水利现代化范围包括: 防洪除涝安全、饮水安全、农业灌排设施完善、水资源高效利用、水资源管理体制科学、生态环境良好。

1.1 农村水利现代化是落实最严格水资源管理制度的客观需要

2011年中央一号文件《中共中央国务院关于加快水利改革发展的决定》聚焦水利, 实行最严格的水资源管理制度。确立水资源开发利用控制红线, 建立取用水量控制指标体

收稿日期: 2012-12-21 修回日期: 2013-06-04 网络出版时间: 2013-07-28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130728.1310.039.html>

基金项目: 水利部公益性行业科研专项(201301001); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金面上项目(Y512001; Y513001); 江苏省水利科技项目(2012016)

作者简介: 孙金华(1962-), 男, 江苏靖江人, 研究员, 博士, 主要从事水资源和水环境研究。E-mail: jhsun@nhri.cn

系。确立用水效率控制红线,把节水工作贯穿于经济社会发展和群众生产生活全过程。确立水功能区限制纳污红线,严格控制入河湖排污总量。农村水利现代化以提高水资源利用效率,改善环境和生态为目标,与最严格水资源管理制度的“三条红线”不谋而合。农业作为用水大户,每年的用水量占总用水量最大,2011 年,全国农业用水 3 743.5 亿 m^3 , 占总用水量的 61.3%^[3]。因此用水总量控制红线聚焦农业用水,能达到事半功倍的效果。农村水利现代化通过建立节水型社会,合理开发利用水资源,降低农业取用水量,使用水总量达到控制目标。我国农业水资源利用效率低下,全国农田灌溉水利用系数为 0.45,而以色列等国家达 0.70 以上^[4]。农村水利现代化通过推广节水灌溉,采用先进灌溉技术,实行全要素节水,提高灌溉水利用系数,使用水效率达到控制红线。在农村地区,长期、无节制的未经处理的废污水直接排放以及日益加剧的面源污染,使水环境越来越恶化。农村水利现代化通过水土保持、河湖整治、河道修理、水环境保护等措施,控制入河湖排污总量,是水功能区限制纳污红线的重要部分。因此,农村水利现代化是控制“三条红线”和落实最严格水资源管理制度的客观需要。

1.2 农村水利现代化是农业现代化的前提

洪涝干旱灾害频繁是制约我国农业综合生产能力提高和农民收入稳步增加的主要因素之一。受大陆性季风气候影响,我国降雨时空分布不均匀,一半以上国土面积属于干旱或半干旱地区,天然降水不能满足作物的生长需要,需要灌溉补充。在南方地区虽然雨量充沛,但降雨时空分布不均,季节性干旱与集中降雨造成的旱涝灾害对农业生产仍具有威胁。我国水资源短缺与利用率低并存,水资源人均占有量仅为世界平均水平的 1/4,灌溉水的利用率只有 45%。此外,农业干旱缺水情况日益严重,全国农田受旱面积由 20 世纪 70 年代的平均每年 $1.13 \times 10^7 \text{ hm}^2$,增加到 90 年代以来的年平均近 $2.67 \times 10^7 \text{ hm}^2$,其中成灾面积占一半左右^[5]。据国家防汛抗旱总指挥部办公室统计,2010 年,云南、贵州、广西、重庆、四川 5 省(区、市)耕地受旱面积 $6.73 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占全国的 84%,作物受旱 $5.3 \times 10^6 \text{ hm}^2$,2 088 万人、1 368 万头大牲畜因旱饮水困难。种种不利的自然条件,对我国农业生产发展构成了严重制约。

由于水利对农业发展起着重要的保障支撑作用,因此没有农村水利的现代化,农业生产就摆脱不了自然条件的制约,农业综合生产能力就不能进一步提高。作为农业基础设施的农村水利,不但要实现现代化,而且应适度超前实现现代化,这样才能保证实现农业现代化。农村水利现代化通过改善灌排水设施,可以提高灌排水保证率,改善农业的生产条件,高效利用水资源;农村水利现代化通过水土保持、改变农业耕作方式等措施,也可以改善水质,减少农业面源污染。

1.3 农村水利现代化是保护和改善农村生态环境的重要机遇

随着农业生产集约化程度和农民生活水平的提高、城镇化的推进、工业化的深入发展和农村生活方式的改变,大量的工业废弃物、生活垃圾、畜禽养殖排放废物和农村面源污染等造成了农村水环境的严重污染。全国农村每年产生生活污水约 80 多亿 t,而 96% 的村庄没有污水处理设施,约

3.2 亿人用水不安全^[6]。农村水环境恶化不仅造成粮食减产,而且使我国广大农村地区居民的基本饮用水安全得不到保障,从而成为制约农业可持续发展、农村生态环境改善和农民身体健康的重要因素,如不加以治理,将会造成比城市水环境更复杂、更有害、更难治理和恢复的局面。

农村水环境污染治理是一个复杂的系统工程,涉及到技术、经济、社会及环境等多个方面,许多问题的解决已超过了农民个体所能承担的范围。在此情况下,只有抓住农村水利现代化的契机,重视农村水污染的治理,根据各地的具体情况,采取针对性措施,完善管理体制,健全法律法规,发展利用新技术,加强农民的环保意识并在经济上大力扶持,充分发挥广大农民的积极性,才能促进我国农村经济和水环境的可持续发展。

2 我国农业发展评述及出路

2.1 改革开放以来的农业发展成就

改革开放以来,我国农业生产取得了举世瞩目的成就,以不到世界 10% 的耕地,基本解决了世界 20% 的人口吃饭问题^[7]。不仅满足了全国十几亿人口的吃饭问题,而且推动了与农业相关产业的发展,解决了农民的就业问题,极大的缓解了社会的就业难题。图 1 是根据 1995 年—2010 年《中国统计年鉴》整理的粮食产量变化图。由图 1 可以看出,1995 年—1998 年,粮食产量波动上升;1998 年—2003 年,由于粮价下跌,农业产业结构调整等因素,粮食产量逐年下降;2004 年以来,国家实行减免农业税、增大投入、粮食最低价收购等一系列惠农措施,农民的种粮积极性空前高涨,粮食产量稳定增加,从 2003 年的 43 069.5 万 t 增加到 2010 年的 54 647.7 万 t,年均增长 3.5%,最大增长率在 2004 年,达到 9.0%。

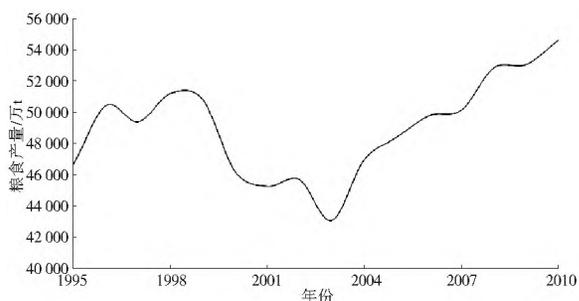


图 1 我国 1995 年—2010 年粮食产量变化^[8]

Fig. 1 Variation of grain yield in China from 1995 to 2010

农田水利建设也取得巨大成就,以有效灌溉面积为例(见图 2),在 1995 年—2010 年由 4 928.1 万 hm^2 增加到 6 034.8 万 hm^2 ,增加了 1 106.6 万 hm^2 ,年均增长率 1.4%,为我国农业增长增收提供了稳定的物质条件。

2.2 农业发展过程中存在的问题

2.2.1 耕地面积增加受限

随着经济发展及城镇化、工业化的快速推进,在农业结构调整、退耕还林、灾害损毁和非农建设占用等因素影响下,耕地总面积却不断减少(图 2):在 1995 年—2010 年间,耕地总面积由 13 048.82 万 hm^2 减少到 12 235.87 万 hm^2 ,减少了 6.29%。根据《国家粮食安全中长期规划纲要(2008 年—

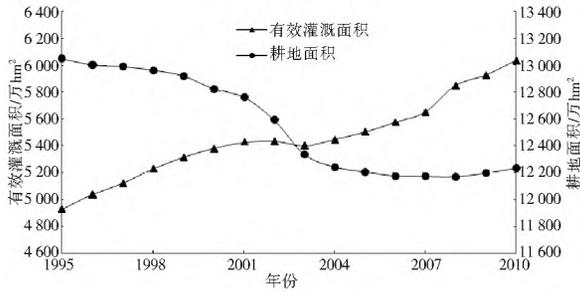


图2 我国1995年—2010年有效灌溉面积和耕地面积变化^[9-10]

Fig. 2 Variation of effective irrigation area and cultivated area in China from 1995 to 2010

2020年)》,2007年,全国人均耕地面积为0.092 hm²,约为世界平均水平的40%。受干旱、陡坡、瘠薄、洪涝、盐碱等多种因素的影响,质量相对较差的中低产田约占2/3。2007年以后国家实行了最严格土地制度和坚守耕地红线,耕地面积逐年大幅减少的趋势得到遏制,并在2009年实现了增加。但由于工业化和城镇化进程加快,工业和城市占地快速增加,挤占稀有的土地资源,今后扩大耕地面积的空间极为有限。

中国人口发展的粮食安全与耕地保证程度研究表明,随着人口增长和消费扩张,中国未来的耕地规模和人均耕地面积会进一步下降,人均粮食消费水平和粮食需求总量将进一步提高^[11],耕地面积的增长空间有限与粮食需求总量的不断增加造成不可调和的矛盾。在过去,主要依靠不断加大化肥的投入量(见图3),提高单位面积的作物产量,来解决粮食的供求矛盾。但施入过多的化肥,土壤水溶性养分等物质被农田灌溉用水和雨水淋溶到地下水及河流中,造成部分地区的地下水及河流污染,形成农业面源污染,造成水体富营养化,导致藻类滋生,继而破坏农村水环境。在受到污染的地下水中,硝酸盐含量增加,若长期饮用此类水源会对人类的身体健康造成危害。

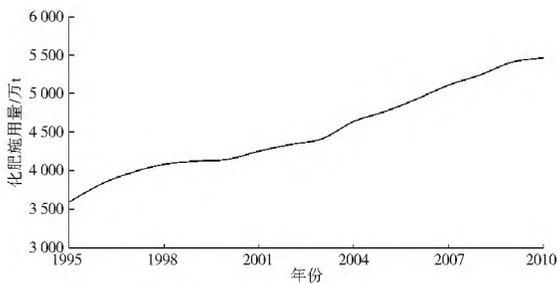


图3 我国1995年—2010年化肥施用量变化情况^[8]

Fig. 3 Variation of fertilizer consumption in China from 1995 to 2010

2.2.2 农业生产效率不高

农业生产效率指将自然因素和劳动力、经济和技术等要素作为投入量,把农业总产值作为产出量,通过数据包络分析计算出要素投入的效率值^[12]。农业生产效率反映了国家的农业产值与可能的最大产值间距离的比值,能够反映国家的农业生产的静态效率^[13]。由图4(图中黑色虚线为中国的农业生产效率)可知,我国农业生产效率虽然比发展中国家高,但与发达国家相比仍存在较大差距。

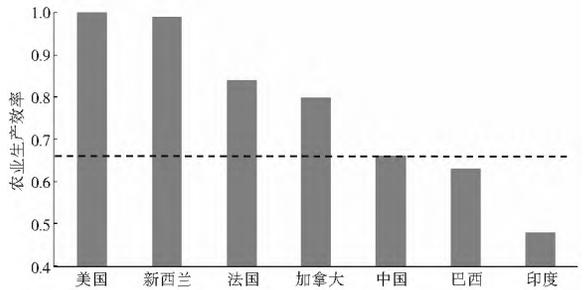


图4 我国和其他农业生产国家农业生产效率比较^[13]

Fig. 4 Comparison of agricultural production efficiency of China and other agricultural production countries

2.2.3 农业面源污染严重

农业活动具有广泛性,许多国家的资料已证实农业活动是主要的面源污染源,也是导致水污染的主要原因之一^[14]。中国受农业面源污染影响的耕地面积已近2000万hm²^[15],而地表水污染中农业面源污染占很大比重,其中湖泊的氮磷50%以上来自于农业面源污染,如太湖中农业面源的氮量占入湖总氮量的77%,磷占33.4%^[16]。据2010年2月第一次全国污染源普查公报,全国主要污染物排放总量中,化学需氧量3028.96万吨,总磷42.32万吨,总氮472.89万吨,而其中仅农业污染源的化学需氧量就达1324.09万吨,总磷28.47万吨,总氮270.46万吨,分别占全国总量的43.71%、67.27%和57.19%。可以看出面源污染的贡献率已超过点源污染,成为影响水环境的主要因素。

农村地区是农业面源污染排放的氮磷等污染物的第一接纳区域,其受到的农业面源污染更为严重,影响更为直接。农村面源污染的特点是污染物种类多、数量大、分布广,面源的监测、管理及防控比较困难。在农村周边大部分河流均存在被污染的现象,不仅造成粮食减产,而且使我国广大农村地区居民的饮用水安全得不到保障。据调查,我国患病人群的88%、死亡人数的33%都与生活用水不洁直接相关^[17]。农村水环境的恶化,不但直接影响到农业生产的经济效益,同时也不利于社会经济的稳定发展和农村居民身体素质的提高。

2.3 农业发展的出路

在当前农村水环境亟需治理和改善情况下,农村水利现代化建设必须重视农业面源污染的防治工作,加大对水污染的治理力度。反之,如果不注重农业面源污染的防治,水质恶化、水环境污染和水生态问题等得不到根本解决,就无法实现现代化的农村水利。因此,维系和恢复良好的水环境生态系统是农村水利现代化的基本目标和重要任务之一。由农业面源污染引发的农村水环境问题已严重影响到农村居民的小康化进程和社会经济的发展。农村水环境污染是问题的表象,从深层次分析重要的实质性问题与解决途径是农村水利现代化建设、实施农业生产方式和农村生活习惯转变的需要,对改善农村居民生活环境、提高生活质量,保障国家粮食和农村饮水安全均有重要意义。

环境友好型农业是人类在面对农业面源污染、应对人口和经济规模趋近日益紧张的环境承载力的情况下,反思常规农业对水环境的危害后,建立起来的一套持续稳定的环境友

好型的、以循环农业为中心的清洁农业生产体系,其主要措施包括减量使用农药和化肥,改进种植技术,发展农业生态工程、废弃物循环再利用工程,实现农业生产无害化和农业废弃物的资源化利用。环境友好型农业通过改进种植技术和废弃物循环再利用工程等措施,改进灌溉方式,减少灌溉用水,是用水总量控制的重要组成部分;通过减少无效用水损失,提高农田灌溉水有效利用系数,是用水效率控制目标之一;通过减量使用农药和化肥、废弃物循环再利用工程等措施,从源头减少农业面源污染的排放,控制入河湖排污总量,为水功能区限制纳污做出贡献。

在国家尤其是在部分经济发达地区具备了一定的工业反哺农业、城市支持农村的能力的条件下,运用现代工业发展的文明成果来提升农业的物质装备水平,对传统农业进行改造,进而减轻农业面源污染,促进环境友好型的农业生产体系的形成,是完全可行的。

3 发展环境友好型农业,落实最严格水资源管理制度的措施

3.1 编制环境友好型农业发展规划

根据我国建设资源节约型、环境友好型社会和节能减排及落实最严格水资源管理制度的工作需求,制订国家层面环境友好型农业发展战略和规划,制订环境友好型农业发展考核评价体系和机制,指导和引领政府、企业和消费者的行动方向和行为方式。这对环境友好型农业的有效发展和推广应用非常重要,对缓解农业水环境制约“瓶颈”具有普遍意义。

编制能指导环境友好型农业发展的规划是一件难度很大的工作。难在它既要有现实可操作性,又要有较强的前瞻性。需要深刻理解环境友好型农业的发展理念,还要掌握国内外农业发展现状和趋势。

3.2 建立有效的经济补偿机制

环境友好型农业体系的构建是一项投资大、周期长的复杂系统工程,作为公共产品仅靠市场机制难以达到资源优化配置。因此,为了提高生产者的积极性,需要建立和完善农业生态补偿机制,为其提供强有力的政策支持和稳定的资金渠道,以此来完善现有的公共物品支付体系,弥补国家财政拨款的不足,实现生态和经济的可持续发展。

农业生态经济补偿主要表现为政府、社会对积极采取新技术和新模式来提高农业资源的利用率,减少农业系统废弃物输出,并以此来减轻农业面源污染的生产者进行经济补偿或生产者通过这种长效发展机制来实现自我补偿;政府为环境友好型农业体系的实施创造条件,如科技、文化、教育、卫生事业的发展,基础设施的建设等。

3.3 加大对环境友好型农业的研究力度

在环境友好型农业生产体系中,其具体的生产技术和方式在不同地区、不同生产者间相差很大,其采取的环境友好型农业措施也不尽相同。因此,非常有必要对这些不同的生产技术和生产系统进行生产成本和环境效益评估。

目前,我国有关环境友好型农业氮、磷的流失排放规律的研究还处于初步阶段,可信的结论更是凤毛麟角。因此,应加大对环境友好型农业控制农业面源污染的科学研究的,在

分析农业生产物质投入、产出的基础上,定点采样分析环境友好型农业与常规生产系统的农田径流水、沟渠排水的污染负荷,得出定量化的环境友好型农业生产控制农业面源污染的科学依据,为环境友好型农业的宣传和推广应用提供科技支撑。

3.4 加强示范区建设,发挥“以点带面”效应

中国幅员辽阔,跨越经纬度较大,各地气候、土壤、种植制度、水资源条件等均有差异。如果在没有充分考察和调研的情况下,就在全中国采取硬性的推行措施,一旦失败,代价过于高昂。而若在局部进行试点,在实践中不断探索经验,在取得经验的基础上逐步推广到其他相似地区,扩大实施范围,就可以避免推行错误的决策。而且在推广应用过程中,农业从事者可以看到环境友好型农业的益处,乐于接受环境友好型农业这一新型事物,减少推广阻力,保证环境友好型农业生产体系的构建工作能够沿着正确的轨道前进。

在全国环境友好型建设试点区和国家环境保护生态区建立示范基地,树立典型。组织农业和水利科研单位,进行环境友好型农业的相关研究开发与实践应用工作。通过宣传引导、技术培训与服务、政府补助或贷款扶持等措施提高环境友好型农业从事者的积极性,引导现代农业向环境友好型农业发展。

3.5 切实推进农村河道整治与农田水生态修复

河道由于地处郊区,且属于公共设施,长期以来疏于管理和缺乏监督机制,导致河道沦为公共垃圾场,淤浅严重,严重影响行洪和排涝等基本功能。随着工业化的快速发展,废污水直接排放入河,使河道污染严重,臭气熏天。农业如使用污染的水用于灌溉,则农产品产量降低,质量下降,甚至耕地受到污染,农田水生态恶化。

长期以来,人们只注重河道的排水、灌溉等功能,忽视了其景观、生态、资源等功能,所以在传统河道整治中,采取的措施都比较单一,造成即使经过整治的河道仍然结构简单、功能单一,不能充分发挥河道作为农业生产重要组成部分的作用。在发展环境友好型农业中,应切实推进农村河道的整治,更新整治理念,在保障河道供排水的前提下,充分发挥河道的生态、景观等功能,并在有条件地区实行沟塘湿地系统,构建河道生态系统,吸附排水中氮磷等营养物质,减少排水污染物的浓度^[18],促进农田水生态修复。同时要加大管理力度,保证河道功能的发挥,创造人与自然和谐相处的环境,促进环境友好型农业的健康发展。

3.6 切实推进智慧灌溉、精细管理与节水减污

我国大部分地区农业用水效率低,不仅用水浪费大,也是面源污染的主要来源。针对农业中“水肥利用效率低下”和“面源污染严重”两大突出问题,需切实开展智慧灌溉研究与应用,以节水与减污的交互作用角度实现高效用水与施肥的耦合关键技术,将灌溉、排水、施肥、净化和利用等系统集成,并因地制宜提出相应的运行调度及管理制度,建立排水-生态沟渠-湿地系统,实现排水、生态农沟、湿地系统灌排精准配送,提升用水效率,降低农田系统排水及其污染负荷的排放。实现农田用水的精细管理和节水减污,加快转变农业用水方式,达到用水效率提高和面源污染减排双重目标,

建设高效节水的环境友好型农业,提高我国农业用水管理水平、用水效率和效益。

3.7 加大环境友好型农业的宣传力度,提高农民环保意识

我国大部分地区农业生产水平还比较落后,生产力仍比较薄弱,尤其广大从事农业生产的组织、单位及农民的生态、环保意识还不够强,没有看到发展环境友好型农业与防治农业面源污染的迫切性和重要性,对环境友好型农业的含义理解得不深透,有的甚至很陌生,不利于环境友好型农业推广工作的开展和推动,因此,需要结合环境友好型农业新型实用技术的推广,下大力气不断提高农民对生态保护的认知水平,积极宣传发展环境友好型农业对保护环境和人类健康的意义及环境友好型农业产生的社会、经济效益,扩大环境友好型农业的社会影响。

充分利用各种媒介进行多层次、多形式、全方位的宣传,提高农民对农业面源污染及农村环境保护的意识和责任感,引导农民树立文明意识、环保意识、健康意识,逐步形成良好的农业可持续生产理念和方式,不断提高农民生态文明水平和环境保护意识。

4 结语

农村水利现代化是落实最严格水资源管理制度的需要,是实现农业现代化的前提,是保护和改善农村生态环境的契机,因此是在我国农村地区实现经济效益、社会效益和生态效益最大化的重要举措。针对农业面源污染日趋严重的现状,通过相关措施发展环境友好型农业,防治农业面源污染,落实最严格水资源管理制度,从而实现农村的水利现代化,是改善农业生态环境的必由之路。

参考文献(References):

- [1] 周士勇.农村水利现代化评价指标体系研究[D].济南:山东大学,2007.(ZHOU Shi yong. Study on the Index System for Evaluating the Level of Rural Water Conservancy Modernization [D]. Jinan: Shandong University, 2007. (in Chinese))
- [2] 农村水利现代化特征及目标体系研究[A].2006年中国现代水利建设高级论坛论文集[C].2006:64-73.(A Study on Properties of Rural Water Conservancy Modernization and its System of Objective [A]. The Symposium on Chinese Water Conservancy Modernization in 2006 [C]. 2006: 64-73. (in Chinese))
- [3] 水利部.中国水资源公报(2011)[R].北京:水利部,2012.(The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. China Water Resources Bulletin(2011)[R]. Beijing: The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China, 2012. (in Chinese))
- [4] 王小军.需水管理理论与实践研究[D].南京:南京水利科学研究院,2011.(WANG Xiao jun. Theory and Practice of Water Demand Management [D]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2011. (in Chinese))
- [5] 中国灌溉排水发展中心研究课题组.农村水利在社会主义新农村建设中的地位、作用与主要任务[A].中国水利学会2006年学术年会论文集[C].2006:15-25.(China Irrigation and Drainage Development Center Research Group. Rural Water Conser-

vancy' S Status, Function and Main Task in the Socialist New Rural Construction [A]. China Institute of Water Conservancy 2006 Academic Annual Meeting Papers [C]. 2006: 15-25. (in Chinese))

- [6] 肖勤.农村水环境污染现状及其治理对策[J].畜牧与饲料科学,2009,30(1):123-125.(XIAO Qin. Present Situation of Rural Water Environmental Pollution and its Control Countermeasures [J]. Animal Husbandry and Feed Science 2009, 30 (1): 123-125. (in Chinese))
- [7] 张丽荣.发展生态农业与农业面源污染控制[J].现代农业,2010,(11):71-72.(ZHANG Li rong. The Development of Ecological Agriculture and Agricultural Non-point Source Pollution Control [J]. Modern Agriculture, 2010, (11): 71-72. (in Chinese))
- [8] 国家统计局.中国统计年鉴(1995-2010)[R].北京:中国统计出版社,1996-2011.(National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook (1995-2010) [R]. Beijing: China Statistics Press, 1996-2011. (in Chinese))
- [9] 卢艳,崔燕平.1986-2007年中国耕地面积时空变化分析[J].信阳师范学院学报(自然科学版),2010,23(2):245-249.(LU Yan, CUI Yan ping. A Study on the Temporal Spatial Changes and Its Influencing Factors of China's Arable Land During 1986-2007 [J]. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2010, 23(2): 245-249. (in Chinese))
- [10] 国土资源部.国土资源公报(2000-2010)[R].北京:国土资源部,2001-2011.(Ministry of Land and Resources. Land Resources Bulletin (2000-2010) [R]. Beijing: Ministry of Land and Resources, 2001-2011. (in Chinese))
- [11] 封志明.中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障[J].人口研究,2007,31(2):15-29.(FENF Zhi ming. Future Food Security and Arable Land Guarantee for Population Development in China [J]. Population Research, 2007, 31(2): 15-29. (in Chinese))
- [12] 张学东.河北省农业生产效率及其影响因素分析[D].保定:河北大学,2008.(ZHANG Xue dong. Analysis on Agricultural Production Efficiency and Influential Factors in Hebei Province [D]. Baoding: Hebei University, 2008. (in Chinese))
- [13] 邢小军,孙利娟,周德群,等.基于Malmquist-DEA模型的中外农业生产效率比较研究[J].商业经济与管理,2010,(9):59-64.(XING Xiao jun, SUN Li juan, ZHOU De qun, et al. A Comparison of Agriculture Production Efficiency Between China and Foreign Countries: Based on Malmquist-DEA Model [J]. Business Economics and Administration, 2010, (9): 59-64. (in Chinese))
- [14] 宋家永,李英涛,宋宇,等.农业面源污染的研究进展[J].中国农学通报,2010,26(11):362-365.(SONG Jia yong, LI Ying tao, SONG Yu, et al. Research and Prospect on Non-point Pollution from Agriculture [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26(11): 362-365. (in Chinese))
- [15] 赵永宏,邓祥征,战金艳,等.我国农业面源污染的现状与控制技术研究[J].安徽农业科学,2010,38(5):2548-2552.(ZHAO Yong hong, DENG Xiang zheng, ZHAN Jin yan, et al. Study on Current Situation and Controlling Technologies of Agricultural Non-point Source Pollution in China [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(5): 2548-2552. (in Chinese))

(下转第205页)

- 算分析[J]. 中国公路学报, 2003, 16(1): 36-39. (ZHANG Xurhui, GONG Xiaonan, XU Riqing. Orthogonality Analysis Method of Sensibility on Factor of Slope Stability[J]. China Journal of Highway and Transport, 2003, 16(1): 36-39. (in Chinese))
- [9] 倪恒, 刘佑荣, 龙治国. 正交设计在滑坡敏感性分析中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(7): 989-992. (NI Heng, LIU Yourong, LONG Zhiguo. Applications of Orthogonal Design to Sensitivity Analysis of Landslide[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002, 21(7): 989-992. (in Chinese))
- [10] 梅松华, 盛谦, 冯夏庭. 均匀设计在岩土工程中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(16): 2694-2697. (MEI Songhua, SHENG Qian, FENG Xiating. Application of Uniform Design to Geotechnical Engineering[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(16): 2694-2697. (in Chinese))
- [11] 夏元友, 熊海丰. 边坡稳定性影响因素敏感性人工神经网络分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(16): 2703-2707. (XIA Yuanyou, XIONG Haifeng. Sensibility Analysis of Slope Stability Based on Artificial Neural Network[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(16): 2703-2707. (in Chinese))
- [12] 方开泰. 均匀设计与均匀设计表[M]. 北京: 科学技术出版社, 1994. (FANG Kaitai. Uniform Design and Uniform Design Table[M]. Beijing: Science and Technology Press, 1994. (in Chinese))
- [13] 邓祖新. SAS 系统和数据分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002. (DENG Zuxin. SAS Systems and Data Analysis[M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2002. (in Chinese))
- [14] 燕乔, 吴长斌, 张岩. 基于均匀设计的邓肯 E-B 模型参数敏感性分析[J]. 中国农村水利水电, 2010, (7): 82-85. (YAN Qiao, WU Changbin, ZHANG Yan. Analysis of Parameter Sensitivity of Duncan E-B Model Based on Uniform Design[J]. China Rural Water and Hydropower, 2010, (7): 82-85. (in Chinese))
- [15] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. (SHENG Zhou, XIE Shiqian, PAN Chengyi. Probability Theory and Mathematical Statistics[M] Beijing: Higher Education Press, 2001. (in Chinese))
- [16] 赵尚毅, 郑颖人, 时卫民, 等. 用有限元强度折减法求边坡稳定安全系数[J]. 岩土工程学报, 2002, 24(3): 343-346. (ZHAO Shangyi, ZHENG Yingren, SHI Weimin, WANG Jinglin. Analysis on Safety Factor of Slope by Strength Reduction FEM[J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 2002, 24(3): 343-346. (in Chinese))
- [17] 吕庆, 孙红月, 尚岳全, 等. 预应力锚索框格梁体系加固破碎岩质边坡合理间距研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(1): 135-140. (LU Qing, SUN Hongyue, SHANG Yuequan, et al. Study on Proper Interval of Prestressed Cables in Reinforcing Crush Rock Slope[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2006, 25(1): 135-140. (in Chinese))
- [18] DL/T 5353-2006. 水电水利工程边坡设计规范[S]. (DL/T 5353-2006, Hydropower and Water Conservancy Slope Design Specification[S]. (in Chinese))
- [19] 罗强. 岩质边坡稳定性分析理论与锚固设计优化研究[D]. 长沙: 中南大学, 2010. (LUO Qiang. Rock Slope Stability Analysis Theory and Anchoring Design Optimization Studies[D]. Changsha: Central South University, 2010. (in Chinese))

(上接第 165 页)

- [16] 姜翠玲, 崔广柏. 湿地对农业非点源污染的去污效应[J]. 农业环境保护, 2002, 21(5): 471-473, 476. (JIANG Cuiling, CUI Guangbo. Effectiveness of Wetlands in Removal of Non Point Pollutants from Agricultural Source[J]. Agricultural Environmental Protection, 2002, 21(5): 471-473, 476. (in Chinese))
- [17] 王景和. 我国农村水环境污染现状及原因[J]. 现代农业科技, 2010, (11): 279. (WANG Jinghe. China Rural Water Environment Pollution and its Cause[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2010, (11): 279. (in Chinese))
- [18] 颜志俊, 沈爱春, 孙金华, 等. 平原河网区水稻节水减污技术研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2012: 84-88. (YAN Zhijun, SHEN Aichun, SUN Jinhua, et al. Research on Water Saving and Pollution Remediation Technology for Rice Field in Plain River-net Area[M]. Nanjing: Hohai University Press, 2012: 84-88. (in Chinese))