

# 我国关于粮食安全问题的研究综述

曹淑华<sup>1</sup>, 马卫鹏<sup>2</sup> (1. 安徽省农业科学院情报研究所, 安徽合肥 230036; 2. 甘肃省国土资源规划研究院, 甘肃兰州 730030)

**摘要** 通过对相关文献的梳理, 在基本把握研究前沿动态和发展脉络的基础之上, 从资源、政策、产业结构、城镇化与工业化、生态保护等5个方面对我国粮食安全问题进行多维思考, 以期今后的相关研究提供一些参考。

**关键词** 粮食安全; 耕地保护; 产业结构; 粮食补贴

**中图分类号** F326 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)30-12166-07

作为一种特殊的商品, 粮食是人类生活的必需品, 是人类赖以生存和发展的最重要的物质基础。粮食安全问题始终是一个关系到国计民生的重要问题, 历来为我国政府所重视。《中国粮食安全报告》指出, “中国粮食安全的基本特征是: 脆弱平衡、强制平衡、紧张平衡。所谓脆弱平衡, 是保障的资源条件贫乏; 强制平衡, 是经济社会要素投入大, 政府强力主导; 紧张平衡, 是总供给保障所有人口的食物及粮食安全的能力不宽裕”。2013年中央经济工作会议指出, “必须实施以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑的国家粮食安全战略。要靠自己保口粮, 集中国内资源保重点, 做到谷物基本自给、口粮绝对安全。更加注重农产品质量和食品安全, 转变农业发展方式, 抓好粮食安全保障能力建设”。这为提高粮食综合生产能力, 保证粮食自给, 保障粮食安全提出了总体部署。2013年中央农村工作会议指出: “我国是个人口众多的大国, 解决好吃饭问题始终是治国理政的头等大事。要坚持以我为主、立足国内、确保产能、适度进口、科技支撑的国家粮食安全战略。中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手上, 我们的饭碗应该主要装中国粮, 一个国家只有立足粮食基本自给, 才能掌握粮食安全主动权, 进而才能掌控经济社会发展这个大局。”可见, 未来一段时间粮食安全将被中央和各级政府高度重视, 或可被列入政绩考核指标之一。基于此, 笔者结合国家层面的政策大背景, 查阅文献资料, 从资源、政策、产业结构等方面对众多相关学者近年来有代表性的研究成果进行了系统地梳理和分析, 以期能为我国粮食安全政策提供理论支持, 也为相关研究提供参考。

## 1 资源与粮食安全

**1.1 耕地资源与粮食安全** 耕地资源是农业生产的最基本物质条件, 包括耕地数量和质量两方面。在一定技术条件下, 耕地数量的变化必将影响到粮食的生产与供应; 耕地质量是耕地土壤质量、耕地环境质量、耕地管理质量和耕地经济质量的总和, 其变化影响耕地综合产出能力和产出效率, 进而也会影响到粮食的生产和供应<sup>[1]</sup>。一些学者从耕地资源的数量和质量与粮食安全的相关性等方面进行了探讨。

曾科军等研究认为, 粮食产出与土地利用变化具有强相关性, 耕地质量和数量的变化对粮食生产的影响及粮食安全敏感系数在不同时间段呈规律性变化, 且在波动中平衡, 耕地数量与质量变化是粮食安全的重要制约因素<sup>[2]</sup>。范成勇等研究认为, 我国耕地面积和粮食产量存在着显著的相关性, 保持必要的耕地面积是我国粮食自给和安全的基本条件, 降低耕地压力是粮食可持续生产的关键<sup>[3]</sup>。张广生研究认为, 粮食总产量在耕地面积不断减少的驱动下不断下降, 并且下降幅度快于耕地面积的减少率<sup>[4]</sup>。陈利根等研究表明, 我国城镇建设占用耕地面积仅占耕地总减少面积的1/10, 而其引起的粮食减产却占耕地减少引起的粮食总减产量的1/4强, 城镇建设占用耕地对我国粮食安全的威胁程度巨大<sup>[5]</sup>。徐胜祥等基于GIS技术对湖北省江陵县耕地质量对粮食安全的影响进行研究, 结果表明江陵县耕地生产潜力较大, 在粮食生产方面有比较的优势对于满足湖北省以及全国的粮食需求具有积极的贡献作用<sup>[6]</sup>。朱红波研究认为, 耕地数量、质量和生态环境状况分别对粮食安全产生不同程度的影响, 协调耕地保护主体之间关系<sup>[7]</sup>。王静等研究认为, 现阶段应多管齐下, 大力提升耕地质量和粮食生产能力, 不仅要高度重视土地污染问题, 转变传统粮食供给观念, 而且要加大工业反哺农业政策的力度, 改变强调数量为主的占补平衡观念, 实现数量和质量保护, 保障社会经济的全面发展<sup>[8]</sup>。

**1.2 水资源与粮食安全** 作为粮食生产的基础性资源, 水直接关系到粮食单产和总产, 关系到粮食生产的稳定和安全。而我国农业现有的生产方式对水的依赖性极强, 约23%的农产品是由占耕地面积约12%的灌溉地生产的, 灌溉地粮食产量占粮食总产的75%左右<sup>[9]</sup>。一些学者基于自己的研究视角就水资源与粮食安全问题进行了相应的探讨。袁先江等研究认为, 水对粮食生产的决定性作用, 在耕地面积有限、人口快速增长和水资源量不足的情况下, 保证粮食安全的根本出路就在于大力发展节水灌溉, 提高灌溉水利用率<sup>[10]</sup>。吴凯等介绍了我国农田灌溉和灌溉粮食作物的发展近况, 分析了我国灌溉地粮食生产对全国粮食安全的贡献, 指出2003年我国灌溉农田占全国耕地面积的43.8%, 灌溉地粮食产量占粮食总产的75.9%<sup>[11]</sup>。王浩等系统阐述了我国农业水土资源状况及其对粮食生产的影响, 全面剖析了我国农业水土资源面临的挑战, 结合农业水循环的特点, 从“开源”和“节流”两方面提出了保障我国农业水资源的基本策略, 并围绕农业水资源动态转化的中心环节——土壤水资源

**基金项目** 安徽省财政厅农业重点及新兴学科建设项目(13A1425)。  
**作者简介** 曹淑华(1963-), 女, 安徽安庆人, 研究员, 从事农业科技期刊出版管理和农业宏观经济政策研究, E-mail: 1205105814@qq.com。  
**收稿日期** 2013-09-25

的循环特性,结合其消耗效率,提出了加强土壤水资源消耗管理的基本调控方向<sup>[12]</sup>。温随群等分析了我国粮食安全和水资源可持续发展中存在的问题,即人口不断增长,人均耕地逐年减少,水资源紧缺和水资源浪费现象严重等,提出应采取科学合理且具有可操作性的措施确保我国的粮食安全和水资源的可持续发展<sup>[13]</sup>。秦大庸等研究认为,到2010年黑河流域具有增加1 185万 $\text{hm}^2$ 灌溉面积的潜力,保守估计可增加粮食产量1 615万t,增加了现有粮食生产能力的17%左右,相当于现状每年向国家出售商品粮20万~30万t的55%~83%,可解决周边贫困地区55万人左右的基本粮食需求<sup>[14]</sup>。唐利斌等研究认为,“我国水土保持对粮食安全的贡献率呈现上升态势,但总体贡献率水平迄今仍较低,西南地区尤为明显。因此,未来应继续加大水土保持工作的力度,为我国的粮食安全和可持续发展提供有力保障”<sup>[15]</sup>。

**1.3 气候资源与粮食安全** 农业以作物生长为基础,受气候变化的影响很大,气候变化将直接导致我国主要农区水资源和热量资源时空分布格局变化,引起农业生产所依赖的土壤肥力和作物品种资源及其抗逆性发生变化,直接导致局部地区农业气候灾害和农业病虫害频度与强度加剧。在气候变化作用下,我国农业作物种植制度、农业生产结构和地区布局将会发生相应的变化,导致我国粮食产量波动变化,甚至影响到国家粮食安全<sup>[16]</sup>。一些科研工作者就气候变化与粮食安全的关系进行了相应的分析。其中,任春艳认为,气候变暖将可能造成粮食产量的下降,提出了避免或减轻气候变化对粮食安全影响的具体措施<sup>[17]</sup>。吴宾认为,周、秦、汉、唐时期的粮食供给与关中自然灾害的发生状况有着紧密联系<sup>[18]</sup>。王丹认为,改革开放以来,气候变化对我国粮食生产的影响是正面的,对粮食增产做出了将近3%的贡献,这主要得益于稻谷布局的适时调整,使气候变化对稻谷增产做出了正面的贡献<sup>[19]</sup>。周曙东等研究认为,未来气温上升导致的粮食单产下降将对我国今后的粮食生产带来一定程度的不利影响,除东北地区外,其他5个地区的粮食产量都将下降,从而对我国未来的粮食安全形势构成重大威胁;部分省区发生的季节性干旱对处于干旱和半干旱区的华北和西北地区的区域性粮食安全造成一定的影响<sup>[20]</sup>。陈卫洪等研究认为,气候灾害导致的受灾面积和成灾面积对粮食产量有较强的削弱作用,降低了粮食的综合生产能力,应构建统一的国内粮食价格体系和供求平衡机制,降低市场反应灵敏度,提高粮农积极性,保证粮食作物播种面积,提高粮农补贴以减少受灾损失<sup>[21]</sup>。

**1.4 生物质资源与粮食安全** 生物燃料是利用可再生或可循环的有机物质,包括以农作物、树木和其他植物及其残体、畜禽粪便、有机废弃物等为原料,通过工业性加工转化生产生物基产品、生物燃料和生物能源<sup>[22]</sup>。目前,生物燃料中最主要的2类产品是生物柴油和燃料乙醇,以粮食作物和油料作物为生产原料,生物液体能源的快速发展打破了过去农业生产主要为人类提供粮食和饲料的历史,给农业生产赋予了新的使命,即满足人类经济发展日益增加的能源需求。

这将显著提高对原料作物需求,将对我国粮食生产、贸易和价格产生显著影响<sup>[23]</sup>。一些生物能源和粮食安全领域的学者就生物能源对粮食安全的影响进行了相应的研究。其中,李志强等研究认为,国内发展生物能源原料冲击强劲,将直接对粮食生产造成压力,粮食安全的潜在风险加大,提出了实施非粮作物生物能源发展战略、建立石化能与生物能合作开发基地等对策建议<sup>[24]</sup>。张涨等认为,利用宜能荒地种植油料作物可以为生产生物柴油解决原料问题,减轻生物燃料对环境和粮食供应的压力<sup>[25]</sup>。孙凤莲等研究认为,汽油价格和人口总量的上涨分别对燃料玉米和人们直接或间接食用玉米需求量的影响程度最大,但都是在一定条件下才会产生粮食安全问题<sup>[26]</sup>。汪翔等研究认为,生物质能发展对我国不同品种的粮食供求影响不同,对我国玉米、大豆和油菜籽的粮食安全产生较大威胁<sup>[27]</sup>。吴方卫等研究认为,从未来一段时期我国农业生产和燃料乙醇产业发展趋势看,以玉米为原料生产燃料乙醇受到土地要素的约束,从而对我国的粮食安全具有一定的影响,且其对车用汽油需求的替代潜力并不大,应从挖掘内部潜力与寻找替代来源等途径解决燃料乙醇发展问题<sup>[28]</sup>。

## 2 政策与粮食安全

**2.1 粮食储备与粮食安全** 粮食安全作为我国战略安全之首,始终是治国安邦的头等大事,始终是推动经济发展和保持社会稳定的基础。而粮食储备是国家粮食安全体系中极其重要的组成部分,是国家宏观调控能力的重要物质基础,是一个国家或地区应对自然灾害、战争等突发事件,平抑市场粮价、保证粮食供应,维护社会稳定的一种战略措施,并在应对突发事件、保证粮食市场稳定、维护农民利益、促进经济发展和维护社会稳定等方面的作用<sup>[29]</sup>。一些学者就粮食储备对我国及区域粮食安全问题进行了相应的探讨,取得了一些研究成果。刘李峰在对我国农户粮食储备行为的动机、影响因素及作用归纳的基础上,对2002年“粮改”以来农户粮食储备行为的变化及对国家粮食安全的影响进行了重点分析,指出“粮改”后农户粮食储备水平下降,进一步增加了粮食总供给的压力和区域粮食安全的风险,加大国家粮食安全的财政负担<sup>[30]</sup>。魏锡源研究认为,2006~2030年我国的粮食供需总量可以保持相对平衡,在总量平衡的基础上我国应持有的最优粮食储备量为1 817.7万t,同时应具备4 424.5万t的极端储备能力<sup>[31]</sup>。周福生研究指出,中央储备粮规模宜保持在3 000万~3 500万t;中央储备粮品种应以稻谷、小麦为主,兼顾产区、销区和产销平衡区合理分布和储存<sup>[32]</sup>。

**2.2 粮食安全预警与粮食安全** 粮食安全预警以粮食供求波动呈现规律性特征为出发点,建立在粮食生产供给与需求平衡理论的基础之上,着重对粮食供求状况进行动态监测、力度测量与警情预报,有助于了解国家及区域粮食供求安全状况及可能出现的问题提前预报,为国家粮食宏观调控部门提供科学快速的决策支持工具<sup>[33]</sup>。一些农业问题研究专家就粮食安全预警对粮食安全的影响进行了分析和探讨。其中,王学真等研究认为,粮食安全是个复杂的系统,很难用某

个单一的指标对其完全衡量,因此必须建立包括粮食生产波动指数、粮食需求波动指粮食储备水平、外贸依存度以及人均实际可支配收入等在内完整的国家粮食安全预警体系,对粮食安全状况进行全面衡量<sup>[34]</sup>。赵彩艳等以区域粮食总供求比率等为警情指标,建立了粮食安全预警指标体系,并以徐州市为例进行粮食安全预警实证分析,得出徐州市2010年的粮食安全预警将呈现出短缺轻警警情<sup>[35]</sup>。肖国安等在评述粮食趋势产量增长率预警模型<sup>[36]</sup>、粮食供求预警模型<sup>[37]</sup>、粮食安全系数预警模型<sup>[38]</sup>、粮食周期波动预警模型<sup>[39]</sup>、景气分析预警模型<sup>[40]</sup>和粮食安全综合预警模型<sup>[41]</sup>等6种预警模型基础上,提出了一种新的、更科学、更简便的粮食安全预警模型——动态预警模型<sup>[42]</sup>。肖顺武论述了完善我国粮食安全预警机制的3个核心问题,即粮食安全预警的组织机构问题、粮食安全预警的信息采集问题、粮食安全预警的信息传递给有关职能部门的问题<sup>[43]</sup>。李梦觉从湖南粮食生产的实际出发,运用预警的有关理论,进行粮食生产的监测预警研究,构建了湖南省粮食生产预警系统,并对湖南粮食生产进行了外推预警<sup>[44]</sup>。

**2.3 粮食贸易、金融与粮食安全** 粮食贸易和粮食金融政策会在一定程度上影响粮食供需和我国粮食的进出口,造成粮食价格波动,影响我国粮食安全战略。一些国际经济贸易、农业经济学领域的专家提出了相应的简介。其中,张吉祥研究表明,合理地调节粮食进出口是国内粮食供求平衡的重要途径,适度进口粮食替代国内生产有利于提高资源配置效率,可以充分发挥市场机制的调节作用,合理的粮食储备以及适度粮食进口作为补充手段来促进粮食供求平衡的实现<sup>[45]</sup>。孙宝民研究认为,我国粮食安全必须立足于国内生产,充分发挥国内粮食生产能力,基本实现粮食自给,适度进口粮食,弥补国内产需缺口,发挥比较优势,拓展出口贸易<sup>[46]</sup>。宋伟良等研究认为,“中国要保证当下的粮食安全不能依靠贸易自由化,粮食贸易完全交由市场的结果是中国粮食种植业受到严重冲击、丧失粮食控制权、供给风险增加,不利于粮食安全的长久保障。因此,政府对粮食贸易进行正确干预、大力扶持本国粮食产业才是正确的选择”<sup>[47]</sup>。孙林等详细分析了粮食主产国实施出口限制政策的特征、粮食出口限制对粮食安全导致的影响,并在此基础上分析了WTO/GATT多边贸易谈判机制在约束粮食出口限制上的内在缺陷,继而提出从区域合作视角约束粮食出口限制的新思路<sup>[48]</sup>。褚庆全等研究认为,我国粮食进出口量的变化、粮食进出口品种结构变化不同粮食品种的进出口变化趋势,指出适当增加粮食进口是保障我国粮食安全的必然的、经济的、有效的选择等措施<sup>[49]</sup>。杨培垌分析了粮食金融化对中国的影响,提出如何在金融全球化下保持中国粮食安全的策略<sup>[50]</sup>。尹昌斌提出了政策性金融支持区域粮食安全体系建设的主要内容与支持方式,指出在粮食主产区重点支持粮食生产能力建设,在主销区重点支持粮食物流建设,其中运输、仓储、流通市场体系建设是重点,要建立粮食产销区的利益协调对接机制,促进粮食主销区与粮食主产区建立长期

稳定的粮食产销协作关系<sup>[51]</sup>。

**2.4 粮食补贴政策与粮食安全** 进入21世纪,农业发展的环境和条件发生了很大变化,粮食生产面临着新形势、新问题。为了既确保粮食安全又提高农民收入,粮食补贴应运而生,一些学者对此开展了大量工作。杨建利等阐述了2004年以来国家将以前实行的由流通环节改为直接补贴农民的粮食补贴政策产生的绩效,即直接增加农民收入,促进粮食生产,确保粮食安全;分析了不与当期播种面积和价格挂钩而与当期农民实际种植面积和售粮量挂钩,向农民进行粮食直接补贴方式的局限性;提出把农民经营土地的面积和出售粮食的数量结合起来,实行累进补贴的粮食补贴方式的构想<sup>[52]</sup>。李勇等研究指出,1995~2005年中国每生产1万t粮食所开销的财政支出呈递增趋势;到2020年,每生产1万t粮食将需要财政支出500万元,粮食安全的总财政成本将达到3000亿元<sup>[53]</sup>。陈飞研究表明,各项农业政策对粮食生产均有显著正向影响,其中农业支出政策和农村固定资产投资是拉动我国粮食产量增长的最重要因素<sup>[54]</sup>。杨万江等利用浙江、安徽、江西3省的199份稻农调查样本,就粮食补贴政策对稻农种植积极性的影响进行了实证分析,得出单位面积补贴标准对稻农种植积极性有显著的正向促进作用,研究还显示粮食生产大户的种植积极性比小户更高<sup>[55]</sup>。张琴研究提出,粮食直接补贴对粮食生产有正的效应,且影响效应较大,即粮食直接补贴对农民种粮的积极性的作用较大,激励农民进行粮食生产<sup>[56]</sup>。

**2.5 农业科技与粮食安全** 农业发展的根本出路在于科技进步,科技是第一生产力,是保证国家粮食安全的基础支撑,是加快现代农业建设的决定力量<sup>[57]</sup>。科技进步在促进农业发展,实现农民增收致富,提高粮食综合生产能力方面发挥着十分重要的作用。我国高校和科研机构的学者就农业科技对粮食安全的影响展开了分析,取得了一些研究成果。张朝华对新中国成立以来我国农业政策进行梳理后得出,我国农业政策经历了从恢复农业科技工作,提升农业产量,到“科教兴农”战略的萌芽与全面实施以及当前强化农业科技创新,改革农业科技体制的4个发展阶段,我国农业科技政策发展共同的核心内容即围绕国家粮食安全与农民这个中心<sup>[58]</sup>。傅泽强研究认为,在物质、技术投入水平相对较低或保持相对稳定的情况下,耕地资源数量变化对粮食生产起强约束作用,表现为粮食总产量随耕地面积增加而增加,随耕地面积减少而减少;当物质和技术投入水平相对较高时,耕地资源对粮食生产的约束作用弱化,表现为粮食总产量的增减变化与耕地面积变化不完全同步,即耕地面积的减少并不必然导致粮食总产量降低,说明物质、技术的高投入使粮食单产提高,从而对粮食总产量起主要作用,耕地面积的作用居于次要地位<sup>[59]</sup>。杜治峰研究指出,从浙江省农业科技成果转化与推广的现状、问题和未来的发展趋势来看,浙江省农业科技发展的思路既要注重超高产、又要注重优质高效生态安全,不断提高粮食持续高产和农产品有效供给能力<sup>[60]</sup>。李平研究指出,加快推进现代农业产业技术体系建设,对提

高国家农业科技创新能力,保障粮食安全和农业增效、农民增收具有特殊的时代意义<sup>[61]</sup>。杨风霞认为,“科技在农业的发展过程发挥着重要作用,科技进步对农业发展的贡献率已达48%左右,科技创新在保障我国粮食安全、生态安全,促进农民增收,推动传统农业向现代农业的转化过程中发挥着巨大作用”<sup>[62]</sup>。张静研究了我国东中西部农业科技创新效率增长的区域特征,结果显示,中部地区作为全国粮油棉的主产区,而其农业科技创新效率增长却最慢,且远远低于东部和西部地区的增长速度,这势必会影响到中国粮油棉的产出效率,最终会影响到粮油棉基本必需品的有效供给与国家粮食安全<sup>[63]</sup>。辛翔飞等研究认为,保障粮食安全,提高农业综合生产能力统筹城乡发展、提高农业市场力等关系农业和农村发展的各项工作,都迫切要求加大农业科技进步的支撑作用,加快农业科技成果转化<sup>[64]</sup>。刘佳等指出,农业科技已经成为农业发展的第一生产力,农业科技的使用和推广有助于提高土地产出率、资源利用率和粮食综合生产能力<sup>[65]</sup>。

### 3 产业结构与粮食安全

随着中国经济社会的持续健康发展,三次产业结构、农业内部结构必然会发生变化。产业结构转变在带来稀缺农业资源流失的同时,还拉动了农产品需求的增长,造成粮食综合生产能力下降和粮食需求的增加,对保障粮食安全产生不利影响。一些产业经济学和农业问题专家从理论和实践层面就产业结构变化与我国地区粮食安全问题展开了的研究。其中,王家新等研究认为,基于粮食比较劣势、粮食过剩的江苏农业产业结构调整并不只是粮食生产的减少,还伴随着一定程度的粮食生产资源的破坏,应实行与产业结构调整相协调的大粮食战略<sup>[66]</sup>。胡荣华等以江苏省为例,从三次产业结构变化、农业内部结构的变化等方面分析了产业结构调整对粮食生产和粮食安全的影响,并探讨了江苏在产业结构调整中保证粮食安全的对策<sup>[67]</sup>。冯志强重点研究了河南省粮食安全与农业结构调整问题,通过稳定粮食安全及农业结构调整问题的分析,提出可通过“有效配置农业资源、调整产品品种结构、调整产业层次的结构、调整产品层次的结构、发展农业龙头企业、建立农民专业合作组织”等方式稳定河南省粮食安全及进行农业结构调整<sup>[68]</sup>。王学真等分析了产业结构升级与粮食安全的冲突,指出通过农业转型可实现产业结构升级与粮食安全协调<sup>[69]</sup>。吴文恒等研究认为,“粮食安全是生态建设、结构调整的基础,实效性明显;生态建设是粮食安全、结构调整的保证,长效性显著;结构调整是粮食安全、生态建设的结果和间接发展方向,短效性突出。应当把结构调整的力度、生态建设的保障程度和粮食安全的可接受程度有机结合起来,保持适当的建设面积、比例和速度,实现甘肃经济社会的持续稳定发展”<sup>[70]</sup>。郭晔等研究认为,调整产业结构是粮食主产区粮农脱贫的唯一路径选择<sup>[71]</sup>。马松林研究认为,产业结构升级显著提高了粮食单产水平,显著减少了粮食种植面积,提高了粮食产量<sup>[72]</sup>。王竹芹等研究认为,产业结构对全国尤其是中西部地区的粮食种植面积影响显著<sup>[73]</sup>。

### 4 城镇化、工业化与粮食安全

城市化是一个社会、经济、文化等多种因素综合发展的过程,城市化发展对粮食安全的影响十分复杂,是把双刃剑<sup>[74]</sup>。一方面,城市化进程对粮食安全存在负面影响<sup>[75]</sup>,即城市化进程的加快促使城镇人口聚集,促进人们饮食结构发生变化,直接粮食消费下降,肉、蛋、奶等间接粮食消费增加,促使粮食消费增加;随着城市规模的不断拓展,导致城市周边优质耕地面积减少,影响粮食综合生产能力和粮食安全。另一方面,城市化过程对粮食安全也有正面影响,即随着城市化快速发展,农村人口不断向城市转移,农村宅基地和农村建设用地就可以腾出来,或用于农村增量建设用地,或通过整理开发整理成耕地;农村人口城镇化后,可减少田坎和沟渠等对耕地占用,实现土地集中规模经营,保持粮食生产能力稳定。学者们还就城镇化、工业化背景下粮食安全问题进行了分析,杜宇能研究认为,工业化、城镇化和农业现代化在共同作用于粮食安全时,工业化的对粮食安全的支持作用要大于压迫作用,城镇化对粮食安全的负面影响较为明显,而农业现代化对粮食安全的支撑作用不足<sup>[76]</sup>。王宏宇研究认为,工业化和城镇化发展加剧了与农业争水的矛盾,使本就短缺的农业水资源雪上加霜;同时,城镇化进程引发大量农村劳动力外流,不仅直接对农业生产造成了影响,还促成了粮食生产者向粮食消费者的转变,进而增加了粮食供给压力<sup>[77]</sup>。刘卉阐述了城镇化进程对粮食生产能力、粮食安全的影响,从资源、市场、政策3个方面系统论证了城镇化进程中所引发的粮食安全问题,对城镇化进程中的粮食安全可能存在的风险进行分析,提出了强化耕地保护、加强农业基础设施建设、加强环境治理、改革粮食储备体系、加强国际合作等措施<sup>[78]</sup>。舒建玲等指出,从耦合度发展趋势来看,城市化与粮食安全二者产生了制约作用,政府应注意城市化过程中的粮食安全问题提高城市化过程中土地利用效率建立二者之间协调发展的长效机制<sup>[79]</sup>。郭兵研究表明,城市化的发展诱导耕地等粮食生产资源向非农业产业转移,威胁到粮食安全;同时,粮食安全作为一个硬约束条件,也会影响城市化进程<sup>[80]</sup>。杨志海等研究认为,从全国层面来看,县域城镇化对粮食安全具有显著的正向作用;从区域层面看,中部、西部人口城镇化都能显著提高粮食安全水平,东部地区正向不显著;西部地区非农就业对粮食安全产生了显著的负向影响,东部、中部地区与其恰恰相反<sup>[81]</sup>。王世海从城乡人口变动角度对我国粮食安全问题进行研究后认为,由于农村和城镇人口生产、生活习惯和方式的不同,促进农村人口向城镇转移可以对保障粮食安全起积极作用<sup>[82]</sup>。

叶慧等在分析城市化进程与粮食安全交互影响的基础上,借助系统科学理论建立了城市化与粮食安全协调发展的动态耦合模型,并将城市化与粮食安全协调发展系统分为低级协调共生、胁迫发展、极限胁迫和系统重组等4个阶段,模型评价分析结果表明,1980~1997年,我国城市化发展与粮食安全不存在较大矛盾,二者处于独立发展时期;但1997年以来,二者已存在相互胁迫关系,虽然目前仍然处于协调发

展阶段,但从协调耦合度的发展趋势来看,已经进入粮食安全危机潜伏阶段。因此,从当前开始,必须重视城市化与粮食安全之间的相互制约关系,建立粮食安全与城市化协调发展的长效机制<sup>[83]</sup>。

## 5 生态保护与粮食安全

生态环境的破坏会导致耕地面积减少,质量降低,导致粮食综合生产能力降低,影响粮食安全。一些生态领域的学者就生态变化对粮食安全的影响进行了相应的研究。贺金红研究认为,退耕还林(草)对黄土高原地区粮食产量的连续下降有直接影响;不宜盲目扩大退耕规模,而只应在具备国家粮食补助政策的条件下进行退耕;退耕还林(草)不会对黄土高原地区的粮食安全构成威胁<sup>[84]</sup>。刘贤赵等研究认为,退耕还林导致的耕地面积减少,使粮食产量下降1.5%左右,但同时退耕还林又改善了生态环境,减少了水土流失,特别是部分地区配合退耕还林加强了川地、坡耕地基本农田建设,提高了粮食单产,单产提高所增加的粮食产量接近减少的粮食产量,二者相抵之后仅减少0.5%<sup>[85]</sup>。胡振琪等深入分析了矿产与粮食复合主产区这一特殊区域存在的主要问题,如环境污染加剧、耕地遭到破坏、粮食产量和质量下降、社会矛盾突出、经济发展减缓等,并从认识层面、意识层面、保障层面和技术层面提出了促进这一区域可持续发展的对策与建议<sup>[86]</sup>。东梅研究认为,从短期看,退耕还林并没有严重影响我国的总量粮食安全;从长期看,在保证人均粮食消费的基础上,应该适当调整退耕还林的规模<sup>[87]</sup>。张福山等概述了粮食安全概念的发展和演变,阐述了有害生物对粮食安全的种种危害,论述了植物保护对粮食安全的重大贡献,分析了以化学农药为主要防治手段的植物保护对粮食安全的各种负面影响,以及抗性转基因作物生产对粮食安全可能产生的危害,指出植物保护是影响粮食安全的重要因素,提出了实施可持续植保,促进粮食安全的应对之策<sup>[88]</sup>。周振民对河南省开封市污水灌溉区系统调查和选点实验观测的基础上,构建了污水灌溉区生态环境和粮食安全风险评价指标体系,研究了污水灌溉区生态环境和粮食安全性风险评价方法,对污水灌溉区生态环境和粮食安全性风险进行了评价,指出开封市污水灌溉区生态环境和粮食均遭受了重金属污染,小麦籽粒受Pb污染最严重,Cd、Cr、As污染次之<sup>[89]</sup>。武力超等研究了近30年来中国快速城市化进程中的耕地动态及土壤污染状况以及由此引起的粮食安全问题,分析了土地使用结构的变化、城市垃圾、酸性物质、水源污染对耕地及粮食的影响<sup>[90]</sup>。

## 6 简要述评

通过查阅包括粮食安全关键词的大量文献,对文献进行概括、梳理和总结可以发现,目前我国粮食安全研究主要集中在资源、政策、产业结构、城镇化与工业化、生态保护与粮食安全等5个方面,其中,资源包括耕地资源、水资源、气候资源、生物质资源;政策又分为粮食储备、粮食安全预警、粮食贸易与金融、粮食补贴政策和农业科技等5个方面。在

耕地资源与粮食安全方面涉及耕地数量与粮食产量的关系、耕地质量对粮食产量的影响研究;在水资源与粮食安全方面的研究主要涉及水资源对保障粮食安全的重要性及采取有效节水措施保障粮食供给等;在气候资源与粮食安全方面主要研究内容包括气候变暖对粮食生产造成不利影响,良好的气候条件有利于粮食生产;在生物质资源与粮食安全方面的研究表明,生物质能源虽然会在一定程度上对粮食安全产生影响,但是可以采取相应的措施减少这种影响;在粮食储备与粮食安全方面,主要研究内容涉及粮食储备的重要性、“粮改”后粮食储备下降产生的不良影响、粮食储备量和品种等;在粮食安全预警与粮食安全方面,主要涉及粮食安全预警体系、粮食安全预警模型、粮食安全预警机制、粮食监测预警系统等;在粮食贸易、金融与粮食安全方面,主要涉及限制出口、适当进口、立足自给以及粮食金融为保障粮食生产提供资金支持等;对于粮食补贴政策与粮食安全,主要研究内容涉及粮食补贴政策对粮食生产的积极影响,一些粮食补贴政策的局限性等;对于农业科技与粮食安全,研究成果主要集中在改革开发以来我国农业科技政策、农业科技成果转化、农业科技应用和推广、农业科技投入、农业科技创新效率等方面;在产业结构与粮食安全方面,研究指出产业结构调整会增加农民收入,但是影响了粮食产量;在城镇化、工业化与粮食安全方面,主要涉及工业化、城镇化对粮食安全产业不利影响、不同的地区城镇化对粮食安全的作用等;在生态保护与粮食安全方面,主要内容涉及退耕还林可对粮食安全产生双重影响,环境污染、病虫害、污水灌溉等对粮食安全不利影响等。

2013年11月29日,国家统计局发布公告称,2013年中国粮食总产量达到60 193.5万t,同比增长2.1%。从2004年算起,这已是粮食产量连续增加的第10个年头。虽然我国粮食产量实现了10年连增,但除2008、2009年产稍大于需外,其余年份我国的粮食状况均是产不足需,且缺口日益增大,“丰年缺粮”非常明显。可见,未来一段时期我国粮食安全形势严峻,保障粮食安全刻不容缓。对国内文献较为系统地全面地梳理和较为细致地分类概括,可以为调整农业产业结构,制定粮食产业发展政策,提高粮食综合生产能力,保障我国粮食安全等提供理论支持。

## 参考文献

- [1] 李宗尧,杨桂山. 安徽沿江地区耕地数量变化特征及其对粮食安全的影响[J]. 资源科学,2006,28(6):91-96.
- [2] 曾科军,陈逸,高中贵,等. 长江三角洲土地利用变化与粮食安全分析[J]. 地理与地理信息科学,2006,22(6):58-60.
- [3] 范成勇,付士波,谢鑫星. 粮食安全与耕地保护研究[J]. 草业科学,2010,27(3):132-135.
- [4] 张广生. 浙江省耕地资源变化与粮食安全效应研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(23):14305-14307.
- [5] 陈利根,毛戴军,张满林,等. 城镇建设占用耕地与粮食安全[J]. 资源与产业,2006,8(2):8-10.
- [6] 徐胜祥,贺立源. GIS支持的湖北省江陵县耕地质量评价及对粮食安全的影响研究[J]. 农业现代化研究,2006,27(2):148-152.
- [7] 朱红波. 粮食安全的耕地资源保障措施研究[J]. 水土保持研究,2006,13(5):160-165.
- [8] 王静,黄晓宇,郑振源,等. 提高耕地质量对保障粮食安全更为重要[J]. 中国土地科学,2011,25(5):35-38.

- [9] 余潇枫,周章贵. 水资源利用与中国边疆地区粮食安全[J]. 云南师范大学学报,2009,41(6):36-41.
- [10] 袁先江,沈涛. 浅谈节水灌溉与粮食安全[J]. 节水灌溉,2006(5):67-68.
- [11] 吴凯,卢布,袁璋. 我国农田灌溉发展近况及其对粮食安全的贡献[J]. 灌溉排水学报,2006,25(4):7-10.
- [12] 王浩,杨贵羽,杨朝晖. 水土资源约束下保障粮食安全的战略思考[J]. 中国科学院院刊,2013,28(3):329-336.
- [13] 温随群,程舜,董传琛. 浅议我国的粮食安全与水资源可持续发展[J]. 华北水利水电学院学报:社科版,2007,23(5):30-32.
- [14] 秦大庸,鲁欣,张占庞,等. 黑河流域近期治理对生态环境与粮食安全的影响[J]. 水力学报,2006(10):1278-1282.
- [15] 唐利斌,曾香,毛志锋,等. 水土保持对我国粮食安全贡献的评估[J]. 中国水土保持,2008(12):14-16.
- [16] 覃志豪,唐华俊,李文娟,等. 气候变化对农业和粮食生产影响的研究进展与发展方向[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(5):1-7.
- [17] 任春艳. 温县气候变化对粮食安全影响及应对措施[J]. 河南气象,2006(1):60-61.
- [18] 吴宾. 周、秦、汉、唐时期关中地区自然灾害与粮食安全问题研究[J]. 气象与减灾研究,2006,29(4):36-49.
- [19] 王丹. 气候变化对中国粮食安全的影响及对策研究[D]. 武汉:华中农业大学,2009.
- [20] 周曙东,周文魁,林光华,等. 未来气候变化对我国粮食安全的影响[J]. 南京农业大学学报:社会科学版,2013,13(1):56-65.
- [21] 陈卫洪,谢晓英. 气候灾害对粮食安全的影响机制研究[J]. 农业经济问题,2013(1):12-19.
- [22] 程黔. 论生物燃料发展对粮食市场的影响[J]. 农业展望,2007(8):42-45.
- [23] 杨军,仇焕广,黄季焜. 生物液体能源发展对我国农业发展和粮食安全的影响[J]. 中国农业资源与区划,2008,29(4):1-4.
- [24] 李志强,韩胜文,王素雅. 生物液体能源发展对粮食安全的影响[J]. 中国农业科学,2006(S1):31-38.
- [25] 张涨,华新,柏益尧,等. 中国生物柴油原料供应前景研究[J]. 河南科学,2008(8):987-991.
- [26] 孙凤莲,王雅鹏,王薇薇. 生物燃料乙醇发展与粮食安全的关联度分析[J]. 林业经济,2009(3):51-55.
- [27] 汪翔,王树进. 生物质能发展对我国粮食安全的影响研究[J]. 求索,2009(7):1-4.
- [28] 吴方卫,沈亚芳,张锦华,等. 生物燃料乙醇发展对中国粮食安全的影响分析——基于“与粮争地”的视角[J]. 农业技术经济,2009(1):21-29.
- [29] 吴娟. 基于粮食安全的我国粮食储备体系优化研究[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [30] 刘李峰. 对“粮改”后我国粮食安全问题的思考——基于农户粮食储备行为变化的分析[J]. 新疆农垦经济,2006(2):17-20.
- [31] 魏锡源. 我国粮食安全目标体系下的最优粮食储备研究[D]. 镇江:江苏大学,2006.
- [32] 周福生. 粮食储备对粮食安全的影响与管理改进研究[D]. 长沙:中南大学,2007.
- [33] 沈芙莉. 浙江省粮食安全预警系统研究与设计[D]. 杭州:浙江工商大学,2007.
- [34] 王学真,公茂刚. 粮食安全理论分析与对策研究[J]. 东岳论丛,2006,27(6):68-72.
- [35] 赵彩艳,刘坚,卢荣安,等. 粮食安全预警系统研究——以徐州为例[J]. 湖北农业科学,2006,45(1):4-7.
- [36] 顾海兵,刘明. 我国粮食生产预警系统的探讨[J]. 经济理论与经济管理,1994(1):37-42.
- [37] 顾焕章,王曾金,许朗. 建立粮食供求预警系统,稳定我国的粮食生产和市场[J]. 农业经济问题,1995(2):23-26.
- [38] 朱泽. 中国粮食安全状况研究[J]. 中国农村经济,1997(5):26-33.
- [39] 李玉珠,唐仁健,王济民,等. 市场经济下粮食供给波动与宏观管理研究[J]. 农业经济问题,1997(6):3-9.
- [40] 李志强,赵忠萍,吴玉华,等. 中国粮食安全预警分析[J]. 中国农村经济,1998(1):27-32.
- [41] 马九杰,张象枢,顾海兵. 粮食安全衡量及预警指标体系研究[J]. 管理世界,2001(1):154-162.
- [42] 肖国安,王文涛. 粮食安全预警研究综述及一种新的预警模型[J]. 湘潭大学学报:哲学社会科学版,2006,30(1):129-133.
- [43] 肖顺武. 完善我国粮食安全预警机制的三个核心问题[J]. 改革与战略,2011,26(4):22-25.
- [44] 李梦觉. 湖南省粮食安全生产监测预警系统研究[J]. 中国外资,2009(4):35-38.
- [45] 张吉祥. 贸易自由化与我国粮食安全[J]. 价格理论与实践,2006(10):39-40.
- [46] 孙宝民. 基于国内粮食安全的中国粮食进出口战略研究[D]. 武汉:武汉理工大学硕,2012.
- [47] 宋伟良,方梦佳. 贸易自由化对中国粮食安全的影响及对策研究[J]. 宏观经济研究,2012(10):30-37.
- [48] 孙林,唐锋. 粮食出口限制、粮食安全与区域合作[J]. 国际经贸探索,2012,28(10):28-35.
- [49] 褚庆全,李立军,马红波. 实现未来我国粮食安全的粮食贸易对策[J]. 中国农业科技导报,2006,8(2):36-41.
- [50] 杨培垌. 粮食金融化背景下粮食安全问题研究[J]. 世界农业,2013(3):9-12.
- [51] 尹昌斌. 政策性金融支持区域粮食安全体系建设[J]. 中国农业资源与区划,2007,28(5):22-28.
- [52] 杨建利,邢陈阳. 我国粮食补贴的政策绩效与粮食累进补贴方式创新[J]. 农业现代化研究,2009,30(4):423-426.
- [53] 李勇,蓝海海. 中长期中国粮食安全财政成本及风险[J]. 中国农村经济,2007(5):4-12,62.
- [54] 陈飞,范庆泉,高铁梅. 农业政策、粮食产量与粮食生产调整能[J]. 经济研究,2010(11):101-114,140.
- [55] 杨万江,孙奕航. 粮食补贴政策对稻农种植积极性影响的实证分析——基于浙江、安徽、江西稻农调查数据分析[J]. 中国农学通报,2013,29(20):114-118.
- [56] 张琴. 安徽省粮食直接补贴对粮食生产的影响研究[D]. 合肥:安徽大学,2011.
- [57] 中共中央国务院. 关于加快推进农业科技创新持续增强农产品供给保障能力的若干意见[N]. 人民日报,2012-02-02(01).
- [58] 张朝华. 制度变迁视角下我国农业科技政策发展及展望[J]. 科技进步与对策,2013(10):1-6.
- [59] 傅泽强,蔡运龙,杨友孝,等. 中国粮食安全与耕地资源变化的相关分析[J]. 自然资源学报,2001,16(4):313-319.
- [60] 杜治峰. 浙江省农业科技成果转化与推广研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2011.
- [61] 李平. 现代农业产业技术体系运行绩效及提升策略研究[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [62] 杨风霞,秦建国. 农业科技创新体系建设议[J]. 农业科技通讯,2009(11):30-32.
- [63] 张静. 我国农业科技创新能力与效率研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [64] 辛翔飞,王济民. 农业科技成果转化研究综述[J]. 农业科技管理,2011,30(3):74-80.
- [65] 刘佳,王岩鑫. 流程再造:我国农业科技服务体系构建的新模式[J]. 湖北农业科学,2012,55(22):5228-5231.
- [66] 王家新,吴志华,胡荣华. 江苏产业结构调整与粮食安全冲突的协调探析[J]. 产业经济研究,2003(3):59-64.
- [67] 胡荣华,张祖明,刘兴远. 产业结构变动中的粮食安全研究——江苏的案例[J]. 产业经济研究(双月刊),2004(1):66-72.
- [68] 冯志强. 粮食安全与农业结构调整的研究[J]. 经济研究导刊,2012(12):187-188.
- [69] 王学真,郭剑雄. 产业结构升级中粮食安全问题的思考[J]. 农业经济问题,2000(4):51-53.
- [70] 吴文恒,牛叔文,等. 甘肃省生态建设、农业结构调整与粮食安全的关系剖析[J]. 干旱区资源与环境,2006,20(5):139-144.
- [71] 郭晔,杨晓达. 调整产业结构:保障粮农安全与粮食安全[J]. 中央财经大学学报,2006(10):55-60.
- [72] 马松林. 产业结构升级影响粮食产量的实证研究[J]. 河南工业大学学报:社会科学版,2010,6(4):10-12,20.
- [73] 王竹芹,张秋虹. 农业政策、农户行为与我国粮食安全——基于动态面板模型的实证研究[J]. 云南财经大学学报,2013(4):61-69.
- [74] 何格,欧名豪. 城市化与四川粮食安全问题研究[J]. 农业现代化研究,2005(9):349-352.
- [75] 李海鹏,叶慧. 我国城市化与粮食安全的动态耦合分析[J]. 开发研究,2008(5):38-42.
- [76] 杜宇能. 工业化城镇化农业现代化进程中国家粮食安全问题[D]. 合肥:中国科学技术大学,2013.
- [77] 王宏宇. 非传统视角下的粮食安全[D]. 北京:中央民族大学,2013.
- [78] 刘卉. 城镇化进程中的粮食安全政策研究[D]. 长沙:湖南师范大学,2012.
- [79] 舒建玲,陈权. 我国城市化与粮食安全动态关系研究[J]. 西安财经学院学报,2012,23(5):11-15.

- [80] 郭兵. 我国城市化与粮食安全关系问题研究[J]. 经济体制改革, 2011(1): 32-35.
- [81] 杨志海, 王雅鹏. 城镇化影响了粮食安全吗? ——来自 1462 个县(市) 面板数据的实证检验[J]. 城市发展研究, 2012, 12(10): 1-5.
- [82] 王世海. 试论城乡人口结构变动对粮食安全的影响[J]. 中外粮情研究, 2007(4): 36-38.
- [83] 叶慧, 王雅鹏. 我国城市化与粮食安全的动态耦合性分析[C]//“三农”问题与新农村建设——湖北省首届涉农领域青年博士论坛论文集. 武汉: 湖北省科学技术协会, 2006.
- [84] 贺金红. 黄土高原地区退耕地还林(草)与粮食安全研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.
- [85] 刘贤赵, 宿庆. 黄土高原水土流失区生态退耕对粮食安全的影响[J].

山地学报, 2006, 24(1): 7-12.

- [86] 胡振琪, 李晶, 赵艳玲. 矿产与粮食复合主产区环境质量和粮食安全的问题、成因与对策[J]. 科技导报, 2006(3): 21-24.
- [87] 东梅. 退耕还林对我国宏观粮食安全影响的实证分析[J]. 中国软科学, 2006(4): 46-54.
- [88] 张福山, 徐学荣, 林奇英, 等. 植物保护对粮食安全的影响分析[J]. 中国农学通报, 2006, 22(12): 505-510.
- [89] 周振民. 污水灌溉区生态环境污染和粮食安全风险评价[J]. 华北水利水电学院学报, 2013, 334(2): 1-4.
- [90] 武力超, 陈曦, 顾凌骏. 中国快速城市化进程中土地保护和粮食安全[J]. 农业经济问题, 2013(1): 57-62.

(上接第 12150 页)

中, 5 个分布在细河; Hg 的 11 个超标点中, 5 个分布在细河, 2 个分布在运粮河; Ni 的 6 个超标点中, 4 个分布在细河, 1 个分

布在运粮河, 1 个分布在柳壕河; Pb 的 3 个超标点分别分布在细河、柴河和运粮河; Zn 的 15 个超标点中, 5 个分布在细河, 4 个分布在沙河, 2 个分布在运粮河, 1 个分布在柳壕河。

表 1 辽河流域水系沉积物中重金属元素含量

项目	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	mg/kg
最大值	19.70	1.61	96.50	111.00	2.26	97.60	6 590.00	3 947.00	
最小值	1.44	0.03	14.60	1.10	0.01	4.50	9.20	5.40	
平均值	5.56	0.16	48.87	16.58	0.14	23.39	39.92	139.67	
超标数	2	50	5	9	11	6	3	15	
超标率//%	0.96	24.04	2.40	4.33	5.29	2.88	1.44	7.21	
辽宁省土壤背景值	7.40	0.18	60.84	21.50	0.05	24.09	26.43	59.49	
《土壤环境质量标准》二级标准	30	0.3	200	100	0.5	50	300	250	
《农用污泥中污染物控制标准》	75	5	600	250	5	100	300	500	

河流底泥污染情况能够很直观地体现出河流的污染情况, 也能体现出河流沿岸化工厂和城市污水对河流存在的潜在威胁。辽河水系整体上污染程度较轻, 辽河干流底泥中各重金属平均含量基本与辽宁省土壤背景值一致。支流条子河经四平流入铁岭, 污染严重, 河流底泥中 As、Cd、Hg、Zn 含量均较高。重金属 Pb、Zn 的最高含量均分布在柴河, 而且出现在同一点位, 说明柴河铅锌矿对柴河的污染还是比较严重。其他支流如招苏太河、秀水河、养息牧河、绕阳河、柳河等底泥中重金属含量略低于辽宁省土壤背景值。浑河水系、大凌河、小凌河水系河流底泥中重金属含量高于辽河水系河流底泥中的含量。其中以浑河水系河流底泥重金属含量最高, 污染最为严重。浑河的一级支流细河是沈阳市铁西区工业废水的主要排放处, 因此在辽河流域所有河流中细河底泥重金属污染最为严重。太子河水系河流底泥污染比较严重的是沙河和运粮河, 两条河流底泥中 Cd、Pb、Cr、Zn、Hg 均明显高于辽宁省土壤背景值, 重金属在两条河流表层底泥中积累比较严重, 可以从一定程度上表明沙河和运粮河水体目前仍受到严重污染。

## 5 结论

从整个辽河流域看, 辽河干流河流底泥中重金属含量与辽宁省土壤背景值相当, 低于国家《土壤环境质量标准》中二

级标准的限量值, 不存在超标现象。浑河流域河流底泥中重金属元素含量较高, 浑河干流有 6 个采样点 Cd 含量超过国家《土壤环境质量标准》中二级标准的限量值。浑河流域支流细河底泥中重金属污染最为严重, 其中底泥中 Cu 和 Zn 的平均含量超过了国家《土壤环境质量标准》中二级标准的限量值和《农用污泥中污染物控制标准》。辽河流域河流底泥中重金属污染状况对农业生产和城市人口饮用水产生了直接的影响, 实时开展河流底泥调查与评价工作, 能够为辽河流域河流底泥综合治理与水资源保护提供可靠的科学依据。

## 参考文献

- [1] 原武斌. 山西省河流底泥重金属污染现状研究[J]. 山西建筑, 2011, 37(28): 184-185.
- [2] 陈静生. 沉积物重金属污染研究中的若干问题[J]. 环境科学进展, 1983, 4(8): 1-12.
- [3] 漆燕, 成应向, 刘湛. 河流底泥重金属污染及潜在生态风险评价[J]. 四川环境, 2011, 30(6): 104-107.
- [4] 何光俊, 李俊飞, 谷丽萍. 河流底泥的重金属污染现状及治理进展[J]. 水利渔业, 2007, 27(5): 60-62.
- [5] 唐文清, 刘利, 冯泳兰. 河流底泥重金属污染现状分析及评价[J]. 衡阳师范学院学报, 2008, 29(6): 55-59.
- [6] 汪立河, 卢嘉, 张启辉. 河流底泥砷污染状况及分布特征研究[J]. 中国环境监测, 2010, 26(1): 67-71.
- [7] WU Q, GAO Y J, LI D M, et al. Research on phytoremediation of heavy metal pollution in river sediment by *Medicago sativa* L. [J]. Agricultural Science & Technology, 2011, 12(12): 1885-1888.