

申报 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果公示内容

一、成果名称

粮食生产空间格局时空演变的水碳效应及其驱动机制

二、成果简介

粮食生产是一个复杂的综合系统，伴随着水资源消耗、温室气体排放、面源污染等多种环境问题，同时作为高耗水、低经济效益的生产环节，在水资源利用、经济发展和社会稳定方面发挥着重要作用。由于我国水土资源时空分布错位，粮食主产区向缺水的北方地区逐渐聚集，从而加剧了对水资源的需求并增加了碳排放量，需要更加关注粮食安全、水安全及碳排放问题。项目围绕粮食生产时空演变伴生的水碳效应及其驱动机制这一主题，取得了创新性和系统性成果，为同步保障国家粮食安全、战略水安全及实现“双碳”目标提供了新理论与新模式。主要科学发现如下：

1. 揭示了粮食生产空间格局演变特征及规律

系统阐明了中国粮食生产时空演变过程，发现除北京、上海、浙江、福建和广东外，其余省份的粮食产量整体上基本呈现持续增加的趋势，中国粮食产量整体上呈现增加趋势，粮食生产重心逐渐向北方地区聚集。产量和人口增速的差异使得传统的“南粮北运”自 1990 年开始转换为“北粮南运”。粮食生产重心的北移、区域产业结构变化、经济发展差异显著和人口向南方发达地区的聚集共同驱动了“北粮南运”格局的形成。

2. 创建了多尺度粮食生产水碳足迹量化方法

基于多源异构数据同化方法，创建了基于遥感-作物-水文模型同化的多尺度农业生产水足迹量化模型，弥补了国际上水足迹量化方法单一，无法反映不同研究尺度农业水循环与转化特征的局限。同时，基于反硝化-分解模型(Denitrification-Decomposition, DNDC)，构建了基于农田碳氮循环过程的粮食碳足迹量化框架。通过解析土壤有机碳的来源、固定和排放以及作物的生长和收获过程中的碳流动，揭示了农业系统中碳足迹形成的关键机制。

3. 明晰了粮食生产格局演变的水碳效应

基于水-碳足迹理论系统量化了中国各省粮食水-碳足迹，揭示了省际粮食虚拟水-碳流动的时空演变趋势，明晰了省际粮食生产格局时空演变伴生的水碳效应。发现中国省际粮食虚拟水-碳流动量逐年增长，黑龙江和广东分别为粮食虚拟水流出量和流入量最大的省份，河南粮食种植碳排放量最大，国家整体呈现节水减排态势。

4. 阐明了粮食生产格局演变及其伴生效应的驱动机制

构建了基于贸易引力模型的粮食时空演变格局驱动因素分析方法，探明了区域人均水资源量、人均耕地面积和、人均 GDP 和区域间的地理距离等相关因素对粮食生产格局演变的驱动机制及其响应轨迹。研究发现粮食虚拟入水地区人口和人均 GDP 的正向驱动作用显著，虚拟水流入地区单位粮食产量和流出地区人口的负向抑制作用显著。

成果发表在 Journal of Hydrology、Agricultural Water Management、Energy Conversion and Management 等本领域高水平期刊，被广泛引用和积极评价。成果写入“十三五”规划教材。部分成果被中国工程院重大咨询项目采用，取得了重要的学术和行业影响，为农业节水减排和种植格局优化提供了有效科技支撑。

三、代表性论文专著或知识产权（标准规范等），总数不超过 10 项，其中代表性论文专著不超过 8 篇（部）

序号	论文题目	期刊名称及期卷号	作者	发表年份
1	Evaluating grain virtual water flow in China: Patterns and drivers from a socio-hydrology perspective	Journal of Hydrology, 606, 127412	Sun, J., Sun, S., Yin, Y., Wang, Y., Zhao, X., & Wu, P.	2022
2	Effects of virtual water flow on regional water resources stress: A case study of grain in China	Science of the total Environment, 550, 871-879	Sun, S., Wang, Y., Engel, B. A., & Wu, P.	2016
3	Environmental impact of grain virtual water flows in China: From 1997 to 2014	Agricultural Water Management, 256, 107127	Yin, Y., Luan, X., Sun, S., Wang, Y., Wu, P., & Wang, X.	2021
4	Evaluating the impacts of socio-economic factors on regional grain virtual water flows in China using a structural equation modeling approach	Journal of Hydrology, 571, 132-141	Sun, S. K., Song, J. F., Wang, F. F., Wu, P. T., & Wang, Y. B.	2019
5	The virtual water content of major grain crops and virtual water flows between regions in China	Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(6), 1427-1437	Sun, S. K., Wu, P. T., Wang, Y. B., & Zhao, X. N.	2013
6	Identifying the impact of crop distribution on groundwater resources carrying capacity in groundwater-dependended agricultural regions	Agricultural Water Management, 264, 107504	Gao, F., Sun, S., Yao, N., Yang, H., Cheng, B., Luan, X., & Wang, K.	2022

7	Synergy and competition of water in Food-Energy-Water Nexus: Insights for sustainability	Energy Conversion and Management, 266, 115848	Hua, E., Engel, B. A., Guan, J., Yin, J., Wu, N., Han, X., ... & Wang, Y.	2022
8	A comprehensive analysis of blue water scarcity from the production, consumption, and water transfer perspectives	Ecological Indicators, 72, 870-880	Liu, J., Wang, Y., Yu, Z., Cao, X., Tian, L., Sun, S., & Wu, P.	2017

四、主要完成人情况

姓名	排名	行政/技术职称	工作单位/完成单位
孙世坤	1	副院长/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学
阴亚丽	2	助理研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学
王玉宝	3	研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学
宋健峰	4	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学
刘静	5	副教授	河海大学/河海大学
高飞	6	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学
栾晓波	7	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学
孙敬新	8	无	西北农林科技大学/西北农林科技大学
滑恩	9	无	西北农林科技大学/西北农林科技大学

五、主要完成单位

单位名称	排名
西北农林科技大学	1
河海大学	2

六、完成人合作关系情况

完成人合作关系情况表					
序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1.	合作研究	孙世坤, 阴亚丽, 王玉宝, 孙敬新/1,2,3,8	2017年至2022年	学术论文	代表性论文 1
2.	合作研究	孙世坤, 王玉宝/1,3	2015年至2022年	学术论文	代表性论文 2
3	合作研究	孙世坤, 阴亚丽, 王玉宝, 栾晓波/1,2,3,7	2015年至2022年	学术论文	代表性论文 3
4	合作研究	孙世坤, 王玉宝, 宋健峰/1,3,4	2015年至2022年	学术论文	代表性论文 4

5	合作研究	孙世坤，王玉宝/1,3	2017年至2022年	学术论文	代表性论文 5
6	合作研究	孙世坤，高飞，栾晓波/1,6,7	2020年至2022年	学术论文	代表性论文 6
7	合作研究	孙世坤，王玉宝，滑恩/1,3,9	2018年至2022年	学术论文	代表性论文 7
8	合作研究	孙世坤，王玉宝，刘静/1,3,5	2015年至2022年	学术论文	代表性论文 8