

2022年中国粮食损失浪费的资源环境效应评估*

胡永浩,胡南燕,武拉平

(中国农业大学经济管理学院,北京 100083)

摘要:科学全面测度粮食损失浪费的资源环境效应,是制定优化节粮减损政策、推动可持续发展战略的基础。基于生命周期法、投入产出法和排放系数法,对2022年中国粮食损失浪费的资源环境效应以及节粮减损潜力下的资源环境效益进行评估。研究表明:1)2022年中国粮食损失浪费直接造成了17.30百万 hm^2 (10.18%)耕地、657.79亿 m^3 (10.97%)水资源以及大量化肥、农药、农膜等生产资源的浪费(直接效应)。2)粮食损失浪费还造成了其他部门煤炭、原油、电力等共计1304.03万吨标准煤能源的间接浪费(间接效应)。3)综合来看,粮食损失浪费导致了12704.62万吨二氧化碳当量的额外碳排放,相当于中国粮食生产碳排放总量的20%。4)若粮食损失浪费降低5.46%(静态预测潜力),则可以节约5.24百万 hm^2 耕地和181.06亿 m^3 水资源,减少199.35万吨化肥等农用物资投入和386.61万吨标准煤能源消耗,并相当于减少3766.60万吨二氧化碳当量碳排放,从而获得巨大的资源环境效益。未来应当通过科技创新、宣传教育、法律规制等手段加强节粮减损工作,从而保障粮食安全、助力资源节约型和环境友好型社会建设。

关键词:粮食损失浪费;资源环境效应;碳排放;粮食安全

中图分类号:F307.11

文献标识码:A

近年来,粮食损失浪费问题加重了资源环境负担、不利于可持续发展和保障粮食安全,引起了社会各界广泛关注。根据联合国粮农组织(Food and Agriculture Organization of United Nations,FAO)给出的定义,粮食损失与浪费(文中简称“粮食损失浪费”)指粮食供应链中原本供人类食用的粮食,因自然或人为因素离开供应链导致的粮食减少,包括生产、收获、加工以及消费等环节的损失。其中,粮食损失指在供应链前端(生产、储存和加工等环节)造成的损失;粮食浪费则指供应链末端(零售和消费环节)的损失^[1]。2015年联合国可持续发展峰会将减少粮食损失与浪费列入可持续发展目标(SDGs12.3),提出“到2030年,将零售和消费环节人均粮食浪费减半,并减少生产和供应环节的粮食损失(包括收获后的损失)”。2023年可持续发展目标进展报告显示,2021年全球粮食收获后损失比例为13.2%,与2016年持平,但与2030年粮食损失减半的目标相距甚远,全球粮食减损工作进展缓慢。而中国十分重视节粮减损工作,从党的十八大以来,接连制定实施《反食品浪费法》《粮食节约行动方案》《粮食安全保障法》等一系列政策措施和法律,对各环节节粮减损工作作出部署,各环节粮食损失浪费皆有所减少,粮食损失浪费导致的资源环境影响也有所减弱。但目前来看,中国三大主粮全链条综合损失浪费率为20%左右,粮食减损仍有较大潜力尚待挖掘^[1]。中国用全球9%的耕地和6%的水资源养活了世界20%的人口,但同时中国也是化肥农药使用量和碳排放量第一大国,在当前资源紧缺、环境污染严峻等背景下,推动节粮减损对减轻资源环境负担、实现可持续发展及保障粮食安全至关重要。

粮食损失浪费对资源环境的影响主要包括资源浪费和环境污染两方面^[2]。1)粮食损失浪费不仅意味着粮食的直接损失,还意味着其他资源的间接浪费,不利于建设资源节约型社会。生产粮食需要耕地、水、农药和化肥等各种投入,粮食进入加工、储藏、流通和销售等环节中也会消耗资源和能源。因此,粮食损失浪费既导致了农业生产部门资源无效投入,又造成了运输、能源生产等其他部门的资源浪费^[3],继而

* 收稿日期:2024-3-28;修回日期:2024-5-22。

基金项目:国家社会科学重大项目(22&ZD087)资助。

作者简介:胡永浩(1998-),男,汉族,山东潍坊人,博士研究生,主要从事粮食经济、农业资源与环境研究。

E-mail: 15853628648@163.com

通讯作者:武拉平(1969-),男,汉族,山西文水人,博士,教授,主要从事粮食经济、农产品市场研究。E-mail: wulp@cau.edu.cn

对社会经济持续发展造成更大资源压力。2) 粮食损失浪费还会增加温室气体等污染排放^[4], 不利于建设环境友好型社会。当前, 世界粮食系统温室气体排放量占到全球总排放量的1/3以上^[5], 在粮食生产过程中, 化肥使用、水稻种植以及能源消耗是中国农业碳排放的主要来源^[6], 粮食损失浪费进一步加剧了农业碳排放, 阻碍了“双碳”目标的实现。

科学全面测算粮食损失浪费的资源环境影响, 推动节粮减损战略优化完善, 对于提高资源利用效率、缓解环境压力以及实现“双碳”目标具有重要意义。因此, 文中从以下四个方面对粮食损失浪费的资源环境影响展开研究: 1) 运用生命周期法对中国粮食全链条损失浪费造成的耕地、水、能源以及农用生产资料等浪费进行量化评估。2) 基于投入产出表测算粮食损失浪费对其他部门能源浪费的影响。3) 运用排放系数法对中国粮食全链条损失浪费造成的碳排放进行测算。4) 根据现有文献中我国节粮减损潜力数据^[1], 分析实现节粮减损带来的资源与环境效益。从而揭示中国粮食损失浪费所产生的资源环境效应, 以期为实现节粮减损和推动可持续发展提供科学依据和理论借鉴。

1 研究设计与研究方法

1.1 研究设计

文中的研究思路是分别测算粮食损失浪费带来的资源消耗(即资源效应)和环境代价(即环境效应), 其中资源消耗包括直接消耗和间接消耗, 环境代价主要是测度碳排放。具体包括以下四步:

(1) 基于中国粮食产量数据和实地调研获取到的各主要粮食品种的损失浪费率, 测算出全国粮食损失浪费数量。

(2) 将粮食损失浪费量与农户微观生产投入数据以及部门投入产出表结合, 测算出生产等量粮食直接投入的各种资源的消耗量(直接消耗)以及对其他部门资源的间接消耗量, 即为粮食损失浪费造成的资源效应。

(3) 核算生产同等数量的粮食所造成的碳排放, 即为粮食损失浪费造成的环境效应。

(4) 结合当前节粮减损潜力, 测算实现节粮减损目标所能达到的资源环境效应。

1.2 研究方法

1.2.1 粮食损失浪费量的测算方法

文中在测算粮食损失浪费量时, 主要包括小麦、水稻和玉米三大主粮品种, 测算环节主要考虑收获、干燥、农户储粮、企业储藏、加工、运输、销售和消费八个环节。参考已有研究^[1,7], 采取供应链各环节损失量累加方法, 测算全链条粮食损失浪费量。具体公式为: $Q_{flw} = \sum_i Q_i = \sum_i \sum_j q_{ij} \times r_{ij}$ (1)

式中: Q_{flw} 为全链条粮食损失浪费总量; Q_i 为第 i 种粮食全链条损失浪费量; q_{ij} 为第 i 种粮食进入第 j 个环节的粮食数量; r_{ij} 为第 i 种粮食在 j 环节的粮食损失浪费率。进入收获环节的粮食数量等于粮食产量, 进入后一环节的粮食数量等于进入前一环节的粮食扣除损失后的量, 即 $q_{i(j+1)} = q_{ij} \times (1 - r_{ij})$ 。另外, 考虑到并非所有的农户都进行储粮, 因此运用农户储粮比例对进入农户储粮环节的粮食数量进行调整, 参考相关文献^[7], 农户储粮比例取 0.3201。

1.2.2 粮食损失浪费的资源环境效应评估方法

文中运用生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)法评估粮食损失浪费的资源环境效应, 分析被损失浪费的粮食从生产到消费整个生命周期造成的资源消耗和环境影响。

(1) 需要建立评估粮食损失浪费资源环境效应的系统边界(图1), 即粮食损失浪费造成的资源消耗和环境影响的涵盖范围。粮食损失浪费造成的资源消耗, 主要来源于两方面: 1) 粮食生产过程直接投入消耗的资源, 包括化肥、农药、农膜、种子、耕地和水资源。2) 粮食生产间接导致的其他部门能源消耗, 文中主要考虑了煤炭、汽油、柴油、天然气、煤油、燃料油、原油、电力、焦炭 9 种能源。粮食损失浪费造成的碳排放主要来源则包括化肥、农药和农膜三种农用物资的使用过程, 水稻种植产生的甲烷排放, 土地管理产生的碳排放(氮循环导致的氧化亚氮排放、翻耕导致的有机碳库破坏), 以及 9 种能源消耗产生的碳排放。

(2) 根据实际生产投入关系评估粮食损失浪费直接消耗的生产资源, 具体公式:

$$DRC_m = \sum_i Q_i \times \lambda_{im} \quad (2)$$

式中: DRC_m 为粮食损失浪费导致的第 m 种生产资源消耗总量; Q_i 为第 i 种粮食的损失浪费量; λ_{im} 为生产每单位粮食 i 所需要投入的第 m 种生产资源的数量。

(3) 考虑到里昂惕夫投入产出法被广泛运用在农业能源需求分析中^[8], 文中选用此种方法测算粮食

损失浪费导致的其他部门能源消耗。具体公式可表示为： $IEC_n = \sum_i OV_i \times b_k \times \theta_{kn}$ (3)

式中： IEC_n 为粮食损失浪费造成的其他部门第 n 种能源消耗量； OV_i 为第 i 种粮食损失浪费对应的产值，由损失浪费量与粮食单价相乘所得； b_k 为粮食部门对 k 部门的完全消耗系数，即生产单位价值的粮食所消耗的 k 部门产品价值量，此系数基于 42 部门非竞争型投入产出表计算所得； θ_{kn} 为 k 部门单位价值量对应的消耗能源 n 的数量。

(4) 运用排放系数法测算粮食损失浪费导致的温室气体排放(碳排放)。排放系数法是农业生产碳排放测算最为常用的方法，它源于政府间气候变化委员会 IPCC 的《国家温室气体清单指南》，其优点是适用范围广泛、核算原理简明^[9]。文中测算的是粮食损失浪费造成的碳排放，考虑到其碳排放来源主要是生产端的农用物资使用、水稻种植过程以及能源消耗等，符合 IPCC 排放系数法的适用范围。具体测算公式： $E = \sum E_i \times \omega_i = \sum T_{in} \times \delta_{in} \times \omega_i$ (4)

式中： E 为粮食损失浪费导致的碳排放总量； E_i 为 i 种温室气体排放量，文中主要包括二氧化碳、甲烷和氧化亚氮 3 种； T_{in} 、 δ_{in} 分别指 i 种温室气体第 n 个排放源量与对应的排放系数，文中粮食损失浪费的碳排放来源主要考虑农用物资使用、水稻种植、土地管理和能源消耗四种，对应排放系数和处理方法主要参考已有文献^[9]中所整理的系数(表 1)与方法； ω_i 为 i 种温室气体的全球变暖潜力值，根据 IPCC 有关报告，二氧化碳、甲烷和氧化亚氮全球变暖潜力值分别为 1、25 和 298。

表 1 粮食损失浪费的碳排放源与排放系数

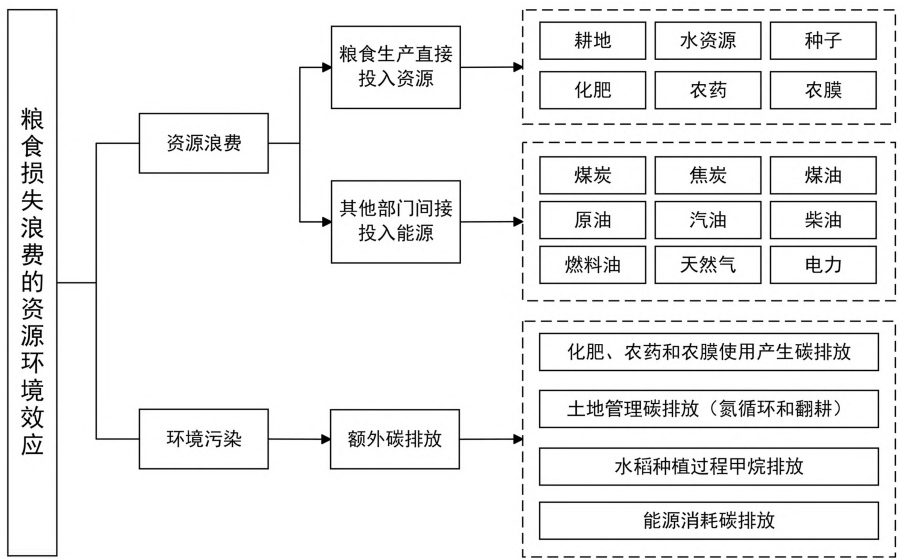


图 1 粮食损失浪费资源环境效应生命周期评价的系统边界

Figure 1 System boundary of life cycle assessment for resource and environmental effects of grain loss and waste

Table 1 Carbon emission sources and emission coefficients of grain loss and waste

碳排放来源	排放系数	数据来源
氮肥	1.53kg(CO ₂) · kg ⁻¹	参考文献 ^[10]
磷肥	1.63kg(CO ₂) · kg ⁻¹	参考文献 ^[10]
钾肥	0.65kg(CO ₂) · kg ⁻¹	参考文献 ^[10]
复合肥	1.77kg(CO ₂) · kg ⁻¹	参考文献 ^[10]
农药	4.9341kg(C) · kg ⁻¹	参考文献 ^[11]
农膜	5.18kg(C) · kg ⁻¹	参考文献 ^[12]
土壤管理(氮循环)	0.0125kg(N ₂ O) · kg ⁻¹	IPCC
土壤管理(翻耕)	0.04 t(C) · km ⁻²	参考文献 ^[13]
水稻种植	详见文献 ^[14]	参考文献 ^[14]
能源消耗	详见文献 ^[9]	转换系数源于《中国能源统计年鉴》 排放系数源于 IPCC

1.3 数据来源

文中使用的数据主要是部门间投入产出等宏观数据以及农户粮食生产和损失浪费的微观数据，数据年份为 2022 年。其中，2022 年三大主粮粮食产量数据、播种面积数据来源于《中国农村统计年鉴 2023》，农业水资源使用数据来自《2022 年中国水资源公报》，各部门能源消耗数据来源于《中国能源统计年鉴 2023》；而化肥、农药、农膜、种子等微观生产数据来源于国家发改委成本调查中心出版的《全国农产品成本收益资料汇编 2023》；由于 2022 年投入产出表尚未公布，因此部门投入产出数据选用 2020 年数据进行替代，来源于《2020 年非竞争型投入产出表(42 部门)》。另外，文中粮食损失浪费率及减损潜力数据主要参考研究团队基于大规模实地调研与实验的已有研究测算成果^[1]。

2 结果与分析

2.1 粮食损失浪费现状

总体来看,中国三大主粮全链条损失浪费率为18.42%(表2),损失量达到11481万t。其中,水稻损失浪费情况最为严重,损失率与损失量分别达到27.55%和5744万t;玉米次之,损失率和损失量分别为14.37%和3984万t;小麦损失相对较少,损失率与损失量分别为12.73%和1753万t。另外,从环节来看,加工环节损失最为严重,损失率与损失量分别为6.03%和3311万t,干燥、收获以及消费环节的粮食损失浪费率也相对较高,企业储藏、销售和运输环节粮食损失率则相对较低。

2.2 粮食损失浪费的资源效应

粮食损失浪费造成了农业部门投入资源的直接浪费,进一步加剧了中国的资源负担。对中国粮食损失浪费的直接资源效应测算结果(表3)显示,2022年中国粮食损失浪费相当于直接导致17.30百万hm²耕地(以播种面积计算)和657.79亿m³水资源的浪费,分别占2022年总耕地面积的10.18%和总用水量的10.97%;同时,粮食损失浪费还导致了638.79万t的化肥、19.23万t的农药和7.09万t农膜的无效投入,浪费量分别占2022年化肥、农药和农膜总使用量的12.58%、16.16%和2.98%;另外,粮食损失还导致了134.52万t的种子浪费。从不同粮食品种来看,水稻损失导致的耕地、水资源、化肥、农药和农膜浪费最多,而小麦损失则导致了更多种子浪费。

表3 粮食损失浪费的直接资源效应

Table 3 The direct resource effect of grain loss and waste

资源种类	单位	直接资源消耗系数				资源消耗量				
		粮食	水稻	小麦	玉米	单位	粮食	水稻	小麦	玉米
耕地	千hm ² /万t	1.54	1.41	1.71	1.55	百万hm ²	17.3	8.11	2.99	6.19
水资源	亿m ³ /万t	0.05	0.07	0.04	0.05	亿m ³	657.79	398.74	74.01	185.04
化肥	万t	585.66	476.51	746.16	588.01	万t	638.79	273.69	130.83	234.28
农药	万t	14.8	22.91	14.35	8.93	万t	19.23	13.16	2.52	3.56
农膜	万t	5.96	6.36	0	8.62	万t	7.09	3.65	0	3.44
种子	万t	140.65	67.59	445.7	44.05	万t	134.52	38.82	78.15	17.55

注:具体核算方法见式(2)。由于缺乏复种系数等相关数据,文中以实际播种面积来计算所浪费的耕地数量,根据《中国农村统计年鉴2023》,2022年水稻、小麦和玉米播种面积分别为29.45、23.52和43.07百万hm²;根据《2022年中国水资源公报》,2022年中国农业用水量为3781.3亿m³,参考已有研究^[15],粮食用水占农业用水占比取0.877,在计算水资源浪费系数时,水稻、小麦和玉米分别按43.65%、17.53%、38.82%的水费比例进行调整;化肥、农药、农膜和种子的资源消耗系数以及水费比例数据根据《全国农产品成本收益资料汇编2023》中的投入产出数据计算所得;另外,《全国农产品成本收益资料汇编2023》中只有农药投入成本而缺少农药使用量数据,因此根据《国家统计局流通领域重要生产资料市场价格变动情况》取2022年农药平均价格62994.8元/t,计算得到农药使用量。

粮食损失浪费除了造成农业部门资源直接浪费外,还会间接造成其他部门资源浪费。对粮食损失浪费的间接资源效应测算结果(表4)表明,2022年中国粮食损失浪费造成了大量能源的间接浪费,其中,包括654.22万t的煤炭、20.34万t的汽油、24.17万t的柴油、247.98万t的原油、13.27亿m³的天然气、126.24亿kw·h的电力以及3.18万t煤油、8.38万t燃料油和71.06万t焦炭共计1304.03万t标准煤能源的浪费。从各粮食品种来看,水稻损失导致的能源浪费最多,玉米次之,小麦相对较少。

2.3 粮食损失浪费的环境效应

粮食损失浪费导致了更多碳排放,加剧了中国的资源环境负担。对中国粮食损失浪费的环境效应测算结果(表5)表明,2022年中国粮食损失浪费导致了12704.62万t二氧化碳当量的额外碳排放,使中国粮食系统碳排放增加近20%。从不同品种来看,水稻损失导致的无效碳排放最多,原因在于,相对于其他品种,水稻生长会造成大量甲烷排放,水稻损失导致的甲烷排放成为粮食损失碳排放的主要来源,同时水稻损失率相对更高,由此导致的农用物资投入和能源消耗碳排放也更多。

表2 三大主粮损失浪费情况

Table 2 The loss and waste of three main grains

环节	粮食损失浪费率(%)				粮食损失浪费量(万t)			
	粮食	水稻	小麦	玉米	粮食	水稻	小麦	玉米
收获	3.94	2.95	3	5.2	2470	615	413	1441
干燥	4.77	4.91	4.5	4.8	2856	994	601	1261
农户储粮	2.02	2.2	2.19	1.78	367	135	89	143
企业储藏	0.38	0.35	0.4	0.4	179	67	38	75
加工	6.03	16.79	0.9	0.004	3311	3197	114	1
运输	0.3	0.1	0.4	0.4	165	16	50	99
销售	0.61	0.75	0.6	0.5	317	119	75	124
消费	3.47	3.83	3.01	3.42	1815	602	373	841
综合	18.42	27.55	12.73	14.37	11481	5744	1753	3984

注:损失率数据来源于已有研究^[1],损失浪费数量根据损失率和2022年粮食产量数据计算所得(计算方法详见式(1),其中在计算农户储粮环节粮食损失量时,按照0.3201的储粮比例进行调整^[7]);根据《中国农村统计年鉴2023》,2022年中国三大主粮产量为62342.12万t,水稻、小麦和玉米的产量分别为20849.48万t、13772.34万t和27720.3万t。另外,所引文献损失率数据为2016年调研数据,但联合国最新可持续发展目标进展报告显示,当前粮食损失情况基本与2016年持平,因此文中用2016年损失率数据近似替代2022年损失率数据。

2.4 节粮减损潜力及其资源环境效应

推动实现节粮减损对于提高资源利用效率、减少环境污染意义重大。但受到自然条件和技术水平限制,粮食损失中有一部分是不可避免的,粮食减损重点应在于实现可避免部分的减损,在设定相关减损目标时需要充分考虑现实的粮食减损潜力。因此,在上述测算结果的基础上,文中结合当前中国节粮减损潜力值^[1],进一步评估了达到目标损失率所能带来的资源与环境效应。

实现节粮减损具有显著的资源环境效应,中国当前目标损失率为 12.96%^[1],即节粮减损潜力为 5.46%,研究结果(表 6)表明,若能达到此目标减损值,相当于能够节约粮食 3403.88 万 t,节约 5.24 百万 hm² 播种面积(3.08%)的耕地和 181.06 亿 m³(3.02%)的水资源,并减少 199.35 万 t 的化肥、5.04 万 t 的农药、2.03 万 t 的农膜以及 47.88 万 t 的种子投入;同时还相当于减少了 386.61 万 t 标准煤的能源消耗和 3766.60 万 t 二氧化碳当量的碳排放。因此,加强节粮减损工作实践不仅有助于推进“能水粮地矿材”一体化节约,还有利于“双碳”目标的实现,进而助力建设资源节约型、环境友好型社会。

3 讨论

科学评估中国粮食损失浪费的资源环境效应,掌握粮食损失浪费的综合影响,对于协调推进中国节粮减损与节约资源、保护环境工作,进而协同实现保障中国粮食安全和推动可持续发展的多元目标具有重要借鉴意义。尽管现有研究已经关注到粮食损失浪费的资源环境代价,但仍存在明显不足:1)从环节而言,多数研究集中在消费环节粮食浪费的资源环境影响研究,如朱美羲等^[16]、董战峰等^[17]和王灵恩等^[18]分别对中国农村家庭食物浪费、城市居民餐饮浪费以及全国居民消费端食物浪费等方面造成的资源环境影响进行了测算,但鲜有研究对供应链前端的生产、收获、加工等环节粮食损失的资源环境代价进行分析与测算。2)从研究内容而言,已有研究主要集中在对粮食损失浪费所造成的水资源^[19]、耕地资源^[20-21]浪费以及碳排放^[22]等方面,对农用物资以及其他资源浪费的影响评估相对不足。3)从涵盖范围来看,学者们在测算粮食损失浪费资源环境影响时,只考虑了对农业生产部门的资源环境效应^[23],而忽略了对其他非农部门能源消耗的影响,上述不足的存在导致粮食损失浪费的资源环境影响被严重低估,而对粮食损失浪费资源环境影响的低估进一步加剧了粮食损失浪费问题。

表 4 粮食损失浪费的间接资源效应

Table 4 Indirect resource effects of grain loss and waste

种类	粮食	水稻	小麦	玉米
煤炭(万 t)	654.22	327.13	107.71	219.37
汽油(万 t)	20.34	10.17	3.35	6.82
柴油(万 t)	24.17	12.09	3.98	8.11
天然气(亿 m ³)	13.27	6.64	2.18	4.45
煤油(万 t)	3.18	1.59	0.52	1.07
燃料油(万 t)	8.38	4.19	1.38	2.81
原油(万 t)	247.98	124.00	40.83	83.15
电力(亿 kw·h)	126.24	63.12	20.78	42.33
焦炭(万 t)	71.06	35.53	11.70	23.83
标准煤(万 t)	1304.03	652.07	214.70	437.27

注:具体核算方法见式(3)。在估算粮食产值时,根据《全国农产品成本收益资料汇编 2023》,水稻、小麦和玉米单价分别取 1.39、1.50 和 1.35 元/斤;根据《2020 年非竞争型投入产出表(42 部门)》,可计算得到农业部门对煤炭采选产品,石油和天然气开采产品,石油、炼焦产品和核燃料加工品,电力、热力的生产和供应 4 个能源部门的完全消耗系数分别为 0.0107、0.0119、0.0196、0.0312;核算时 2022 年能源消耗总量来源于《中国能源统计年鉴 2023》;最终得到每单位粮食产值对应消耗的煤炭、汽油、柴油、天然气、煤油、燃料油、原油、电力和焦炭分别为 0.2039 万 t/亿元、0.0063 万 t/亿元、0.0075 万 t/亿元、0.0041 亿 m³/亿元、0.0001 万 t/亿元、0.0026 万 t/亿元、0.0773 万 t/亿元、0.0393 亿 kw·h/亿元和 0.0222 万 t/亿元。另外,标准煤数量是根据转换系数将各类能源转换为标准煤后加总所得。

表 5 粮食损失浪费导致的碳排放(万 tCO₂e)

Table 5 Carbon emissions from grain loss and waste (10 thousand tons of CO₂e)

种类	粮食	水稻	小麦	玉米
化肥	1076.45	454.26	223.26	398.93
农药	347.95	238.04	45.50	64.40
农膜	134.60	69.34	0.00	65.26
土地管理(氮循环和翻耕)	627.86	294.48	108.68	224.70
水稻甲烷排放	6728.88	6728.88	-	-
能源消耗	3788.87	1894.58	623.82	1270.47
碳排放总量	12704.62	9679.59	1001.26	2023.77

注:具体核算方法和相关系数分别(式(4)和表 1)。测算化肥碳排放时,分为氮肥、磷肥、钾肥和复合肥 4 类分别进行核算后汇总;核算水稻甲烷碳排放时,参考已有文献^[14],根据我国各地区水稻种植类型分为早稻、晚稻和中季稻分别进行核算后汇总。

表 6 节粮减损潜力下的资源环境效应

Table 6 Resource and environmental effects under the potential of grain loss reduction

种类	效应
粮食(万 t)	3403.88
耕地(百万 hm ²)	5.24
水资源(亿 m ³)	181.06
化肥(万 t)	199.35
农药(万 t)	5.04
农膜(万 t)	2.03
种子(万 t)	47.88
能源(万 t 标准煤)	386.61
碳排放(万 tCO ₂ e)	3766.60

注:表中内容是基于表 2-表 5 中测算结果结合 5.46% 的节粮减损潜力测算所得。

在考虑上述研究不足的基础上,文中对中国粮食损失浪费的资源环境效应进行了更加全面地评估,测算了包括生产、收获、加工、消费等环节在内的全链条粮食损失浪费对农业部门资源投入、其他部门能源消耗及碳排放造成的影响,从而揭示了粮食损失浪费在中国产生的巨大资源环境成本。当然,文中也有一定局限性,粮食浪费产生的垃圾在被处理过程中也会造成一定的资源环境代价,但囿于数据可得性,此部分内容未被包括在文中评估范围内,未来若能收集到相关数据,可考虑从这一环节的资源环境影响进行研究拓展。

4 结论

文中利用中国宏观数据与微观生产数据,结合粮食损失浪费数据,运用生命周期评价法、投入产出法和排放系数法,对中国粮食损失浪费造成的资源环境效应以及在节粮减损潜力下所能达到的资源环境效益进行了核算,最终得到的主要结论如下:

(1)当前中国三大主粮全链条损失浪费率为18.42%,总损失量高达11481万t;分品种而言,水稻损失浪费最为严重,损失率与损失量分别达到27.55%和5744万t;分环节来看,加工环节损失最为严重,损失率与损失量分别为6.03%和3311万t。

(2)粮食损失浪费造成了农业部门生产资源的直接浪费,相当于每年浪费了17.30百万 hm^2 播种面积(10.18%)的耕地和657.79亿 m^3 (10.97%)的水资源,还导致了638.79万t(12.58%)化肥、19.23万t(16.16%)农药和7.09万t(2.98%)农膜、134.52万t种子的无效投入。

(3)粮食损失浪费造成了其他部门能源的间接浪费,其中包括654.22万t的煤炭、20.34万t的汽油、24.17万t的柴油、247.98万t的原油、13.27亿 m^3 的天然气、126.24亿 $\text{kw}\cdot\text{h}$ 的电力以及3.18万t煤油、8.38万t燃料油和71.06万t焦炭共计1304.03万t标准煤能源的浪费。

(4)粮食损失浪费导致了12704.62万t二氧化碳当量的额外排放,使得中国粮食生产碳排放多增加了20%,其中水稻损失导致的甲烷无效排放是粮食损失碳排放的主要来源。

(5)当前中国节粮减损潜力为5.46%,若能达到此目标值,便能够节约5.24百万 hm^2 播种面积(3.08%)的耕地和181.06亿 m^3 (3.02%)的水资源,并节省199.35万t的化肥、5.04万t的农药、2.03万t的农膜以及47.88万t的种子投入,还可以减少386.61万t标准煤的能源消耗和3766.60万t二氧化碳当量的碳排放。

5 政策建议

粮食损失浪费造成了巨大资源环境代价。在我国人均耕地和水资源十分短缺、全球温室气体排放导致气候变化加剧的背景下,粮食损失浪费进一步加重了中国的资源压力和环境负担^[24]。加快推进节粮减损工作对于保障中国粮食安全、推动建设资源节约型环境友好型社会意义重大。基于上述研究结论,文中提出如下政策建议:

(1)充分发挥科技在节粮减损中的作用。影响粮食收获、储藏、加工等产业链前端和中端环节损失的主要因素是设备条件和技术水平^[25],因此要加大节粮减损技术的研发和推广力度。收获环节,推进大型机械绿色高效收割,加强山区丘陵适用型机械研发推广,提高机械收获标准化作业水准,充分挖掘机收减损潜力;干燥环节,加大粮食烘干成套设施补贴力度,支持农业社会化组织提供产后干燥服务并不断扩大覆盖范围,持续优化粮食产后烘干条件;储藏环节,扩大小农户科学储粮仓推广应用范围,鼓励企业加快建设“智能粮仓”;加工环节,进一步完善加工标准,鼓励企业优化加工工艺和流程,引导企业进行适度加工,提升粮食加工转化率。另外,充分利用大数据、人工智能等现代数字技术对现有节粮减损技术进行数字化、智能化改进,从而实现高效、低耗、绿色节粮减损^[26]。

(2)通过多种途径加强对消费者的宣传教育与引导,在全社会营造节约粮食的良好风尚。产业链末端消费环节的粮食浪费主要受消费习惯和心理等人为因素影响^[27],而随着收入水平提高,人们的节粮减损意识愈发淡薄,因此需要加强教育与合理引导。加强对学生、家庭主妇等重点群体的教育引导,推进“光盘行动”、文明餐桌等活动深入校园和家庭;鼓励餐饮经营者进行科学理性消费引导,通过标识信息提醒消费者适度点餐,推行“小份饭”“半份菜”等供餐方式,主动为消费者提供剩饭剩菜打包服务;利用好每年粮食安全宣传周等契机,通过多种媒体渠道加强宣传,在全社会形成爱粮节粮的良好风气。

(3)完善节粮减损政策支撑体系,确保节粮减损政策有效落地实施。尽管中国已经出台了《反食品浪费法》《粮食安全保障法》《粮食节约行动方案》等一系列法律与法规,但是这些节粮减损政策真正落地发挥效果,还需要相关的政策支撑措施。要进一步细化法律法规,建立健全节粮减损奖惩制度,加强对全产业链粮食损失浪费的监管,探索建立对各主体积极参与节粮减损的激励机制;完善各环节节粮减损标准,根据法律适用范围结合不同行业特点,细化各环节的具体执法标准,实现依法管粮、依法节粮^[28];建立粮食损失浪费常态化调查和节粮减损效果评估制度,通过掌握粮食损失浪费现状,分析节粮减损政策成效与现存不足,从而进行针对性优化和完善。

参考文献

- [1] 武拉平. 我国粮食损失浪费现状与节粮减损潜力研究[J]. 农业经济问题, 2022(11): 34-41.
- [2] XUE L, LIU X, LU S, et al. China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts[J]. Nature Food, 2021, 2(7): 519-528.
- [3] 成升魁, 高利伟, 徐增让, 等. 对中国餐饮食物浪费及其资源环境效应的思考[J]. 中国软科学, 2012(7): 106-114.
- [4] 王灵恩, 成升魁, 刘刚, 等. 中国食物浪费研究的理论与方法探析[J]. 自然资源学报, 2015, 30(5): 715-724.
- [5] 何艳秋, 王鸿春, 刘云强. 产业集聚视角下农业碳排放的空间效应[J]. 资源科学, 2022, 44(12): 2428-2439.
- [6] 赵敏娟, 石锐, 姚柳杨. 中国农业碳中和目标分析与实现路径[J]. 农业经济问题, 2022(9): 24-34.
- [7] 赵霞, 陶亚萍, 曹宝明. 中国粮食产后损失评估分析[J]. 干旱区资源与环境, 2022, 36(6): 1-7.
- [8] 黄祖辉, 米松华. 农业碳足迹研究—以浙江省为例[J]. 农业经济问题, 2011, 32(11): 40-47; 111.
- [9] 胡永浩, 张昆扬, 胡南燕, 等. 中国农业碳排放测算研究综述[J]. 中国生态农业学报(中英文), 2023, 31(2): 163-176.
- [10] 范紫月, 齐晓波, 曾麟岚, 等. 中国农业系统近40年温室气体排放核算[J]. 生态学报, 2022, 42(23): 9470-9482.
- [11] 智静, 高吉喜. 中国城乡居民食品消费碳排放对比分析[J]. 地理科学进展, 2009, 28(3): 429-434.
- [12] CHENG K, PAN G, SMITH P, et al. Carbon footprint of China's crop production—An estimation using agro-statistics data over 1993-2007[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2011, 142(3-4): 231-237.
- [13] 杨思存, 王成宝, 霍琳, 等. 不同耕作措施对甘肃引黄灌区耕地土壤有机碳的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(2): 114-121.
- [14] 闵继胜, 胡浩. 中国农业生产温室气体排放量的测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(7): 21-27.
- [15] 张杰, 郝春洋, 刘海滢, 等. 基于用水总量的水-能源-粮食关系解析[J]. 南水北调与水利科技, 2020, 18(1): 194-201.
- [16] 朱美羲, 罗屹, 黄汉权, 等. 中国农村家庭食物浪费的特点、环境影响与对策[J]. 农业现代化研究, 2022, 43(6): 948-956.
- [17] 董战峰, 张力小, 赵元浩, 等. 生命周期视角下中国餐饮浪费的生态环境效应研究[J]. 生态经济, 2022, 38(10): 13-19.
- [18] 王灵恩, 倪笑雯, 李云云, 等. 中国消费端食物浪费规模及其资源环境效应测算[J]. 自然资源学报, 2021, 36(6): 1455-1468.
- [19] SUN S K, LU Y J, GAO H, et al. Impacts of food wastage on water resources and environment in China[J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 185: 732-739.
- [20] CHEN C, CHAUDHARY A, MATHYS A. Nutritional and environmental losses embedded in global food waste[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2020, 160: 104912.
- [21] GATTO A, CHEPELIEV M. Global food loss and waste estimates show increasing nutritional and environmental pressures[J/OL]. Nature Food, 2024: 1-12. (2024-1-29). <https://doi.org/10.1038/s43016-023-00915-6>
- [22] 赵霞, 陶梓秋, 韩经纬. 降低无效碳排放的重要环节: 水稻产后减损的模拟效应分析[J]. 江南大学学报(人文社会科学版), 2023, 22(6): 88-104.
- [23] 胡越, 周应恒, 韩一军, 等. 减少食物浪费的资源及经济效应分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(12): 150-155.
- [24] 何可, 宋洪远. 资源环境约束下的中国粮食安全: 内涵、挑战与政策取向[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2021, 21(3): 45-57.
- [25] 罗屹, 李轩复, 黄东, 等. 粮食损失研究进展和展望[J]. 自然资源学报, 2020, 35(5): 1030-1042.
- [26] 崔宁波, 刘紫薇, 董晋. 智慧农业助力粮食生产减损的内在逻辑与长效机制构建[J]. 农业经济问题, 2023(10): 116-128.
- [27] LUO Y, WU L, HUANG D, et al. Household food waste in rural China: A noteworthy reality and a systematic analysis[J]. Waste Management & Research, 2021, 39(11): 1389-1395.
- [28] 成升魁, 马涛, 黄锡生, 等. 《反食品浪费法》实施的若干关键问题[J]. 自然资源学报, 2022, 37(10): 2485-2494.

Assessment of the resource and environmental effects of China's grain loss and waste in 2022

HU Yonghao, HU Nanyan, WU Laping

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Scientific and comprehensive measurement of the resource and environmental impacts arising from grain loss and waste is the basis for devising policies aimed at optimizing grain conservation and mitigating losses, while advancing sustainable development strategies. Based on the Life Cycle Assessment method, input – output analysis, and emission coefficient method, the resource and environmental effects of China's grain loss and waste in 2022 and the resource and environmental benefits under the potential of grain saving and loss reduction are evaluated. The research reveals that: 1) China's grain loss and waste have directly caused the production resources waste, which is equivalent to the annual wastes of 17.30 million hectares (10.18%) of cultivated land and 65.78 billion cubic meters (10.97%) of water resources, and have led to a large number of invalid inputs of agricultural materials such as chemical fertilizers, pesticides, and agricultural films. 2) China's grain loss and waste have caused indirectly the waste of energy in other sectors, including a large number of coal, crude oil, and electricity, which is equivalent to a total of 13.04 million tons of standard coal energy. 3) China's grain loss and waste have led to an additional carbon emissions of 127.05 million tons of carbon dioxide equivalent, accounting for 20% of China's total carbon emissions from grain production. 4) If the current potential reduction target (5.46%) can be achieved, it will save 5.24 million hectares of sowing land and 18.11 billion cubic meters of water, and reduce 1.99 million tons of fertilizer and other agricultural inputs, 3.87 million tons of standard coal energy consumption, being equivalent to 37.67 million tons of carbon dioxide equivalent carbon emissions, thereby obtaining huge resource and environmental benefits. In the future, we should strengthen the grain saving and loss reduction through scientific and technological innovation, publicity and education, legal regulation, and other means to ensure food security and build a resource – saving and environment – friendly society.

Key words: grain loss and waste; resource and environmental effects; carbon emissions; food security