

中国消费端食物浪费规模及其资源环境效应测算

王灵恩¹, 倪笑雯^{1,2}, 李云云^{1,2,3}, 成升魁¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 宾夕法尼亚大学, 美国 费城 19348)

摘要: 食物浪费及其产生的资源环境问题与全球粮食安全密切相关, 减少食物浪费逐渐被认为是保障粮食安全的 Plan B。消费端是造成食物浪费的重要环节, 消费者作为消费端食物浪费的主体, 其在消费阶段产生的食物浪费是食物损耗与浪费的主要来源。本文采用直接称重法, 在全国典型地区(北京、上海、四川、山东、河南和西藏)获取居民食物浪费的一手数据, 首次在全国尺度上测算了消费端食物浪费总规模及其资源环境效应。结果显示: (1) 2018 年全国居民消费端食物浪费共 3432 万 t, 人均食物浪费量 67.33 g/d, 其中粮食浪费量占比最高(35.44%), 其次是蔬菜(34.83%)和肉类(15.38%)。(2) 2018 年全国居民消费端食物浪费所占用的生态足迹达 6254 万 hm^2 , 人均生态足迹为 448 m^2 , 按中国人均生态足迹 1.5 hm^2 计算, 相当于 4169 万人的生态位被挤占; 水产类(39.28%)和肉类(34.22%)的生态足迹占比最大, 分别为 2456.23 万 hm^2 和 2140.25 万 hm^2 。研究结果有助于推进我国消费端食物浪费的减量化, 对于缓解食物浪费的环境影响和资源消耗压力、改善全球粮食安全等方面具有重要的参考价值和借鉴意义。

关键词: 食物浪费; 消费端; 生态足迹; 粮食安全

粮食安全是经济发展和社会稳定的重要保障。中国作为全球最大的农业国家, 用不足全球 6.5% 的淡水和不足 9% 的耕地资源为世界贡献了 25% 的粮食, 养活了 20% 的世界人口^[1], 为全球粮食安全的保障做出了卓越贡献。但尽管如此, 人口的刚性增长及农业资源边际收益的锐减, 使我国粮食安全保障的形势依然不容乐观^[2,3]; 此外, 随着全球化进程的推进, 气候变化加剧、国际冲突和突发事件频发, 全球的粮食安全也面临更为严峻的挑战^[4,5]。

食物浪费及其衍生的资源环境问题与粮食安全密切相关^[6], 对社会、环境、经济等各个方面产生巨大影响^[7]。习近平总书记于 2020 年 8 月对制止餐饮浪费行为作出重要指示, 他指出, 我国餐饮浪费现象“触目惊心”“令人痛心”, 特别是在今年全球新冠肺炎疫情的严峻形势下, 尽管中国乃至全球正不断提高粮食产量, 对粮食安全还是要始终保有危机意识。当今, 食物浪费问题给粮食安全保障带来了新的挑战^[2-6], 减少食物浪费逐渐被认为是保障粮食安全的 Plan B^[8]。

据联合国粮农组织 (FAO) 测算, 全球每年有近三分之一 (约 13 亿 t)、相当于可以

收稿日期: 2020-08-03; 修订日期: 2020-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41701620); 国家自然科学基金委国际合作项目 (52081330093); 中国科学院“博士研究生国际合作培养计划”综合项目

作者简介: 王灵恩 (1987-), 男, 山东沂南人, 博士, 副研究员, 研究方向为可持续消费。

E-mail: wangle@igsnr.ac.cn

通讯作者: 李云云 (1991-), 女, 安徽芜湖人, 博士, 研究方向为资源消费及其环境效应。

E-mail: liyy.17b@igsnr.ac.cn

养活全球八分之一人口的食物在生产和消费过程中被浪费或损耗^[9]；据中国农业科学院研究推算，我国每年仅餐饮业食物浪费的蛋白质就达800万t，脂肪300万t，相当于2亿人一年的口粮被白白浪费掉^[10]。食物浪费不仅仅意味着食物本身的浪费，更意味着用于生产这些食物和处理厨余垃圾时所投入大量的水、土地、能源及其他生产资料的无效消耗，以及额外的温室气体大量排放^[11-13,14]。因其普遍性和严峻性，食物浪费问题逐渐成为国际关注的焦点^[1-3]。减少食物损耗与浪费作为全球性政治议程中的重要事项，已被写入最新的联合国可持续发展目标中^[15]；我国也在2012年颁布了“八项规定，六项禁令”等一系列强硬措施，以遏制严重的食物浪费问题。

食物浪费发生在食物供应链的各个阶段，具有复杂的特征和动机^[12,13]。随着生产技术的进步，供给端粮食生产环节的损耗随着技术进步呈现下降的趋势^[16]，但消费端的食物浪费日渐严重^[14]。研究表明，消费端是造成食物浪费的重要环节，高达35%的食物浪费发生在此阶段^[17,18]。作为消费端食物浪费的主体，居民在消费阶段产生的食物浪费是食物损耗与浪费的主要组成部分，其浪费程度通常随收入水平的提高和城市化进程的推进而进一步加剧^[19,20]：一方面，收入的增加使得居民的食物消费支出占比下降，相应地食物浪费行为更为普遍^[14]；另一方面，食物供给的充足稳定、市场消费主体的自主性增强等因素也导致居民对食物购买规划不当或规划能力不足，从而引起超量采购以及冲动购买下的食物浪费^[3,21]。

我国居民消费端食物浪费形势严峻，但关于其浪费规模的定量化测算研究非常缺乏。当前消费端食物浪费研究主要集中在餐饮业和家庭领域，多以北京、上海、拉萨等单个城市为案例地^[22-25]开展区域尺度的研究，而全国尺度上的居民消费端食物浪费（包括家庭食物浪费和在外就餐食物浪费）及其产生的环境问题鲜有精准的核算。我国人均资源紧缺、环境污染严峻、生态状况不容乐观，消费环节中产生大量的食物浪费更是加重了供应端的资源环境压力^[14]。生态足迹（Ecological Footprint, EF）是近年来国际上一种重要的用于判别可持续发展能力的生态系统评估工具，被国内外学者广泛用于预测和测算区域食物消费和浪费所消耗的土地成本代价^[22-24]。我国正处于全面建设小康社会的决胜时期，现有的资源状况已无法支撑这种“挥霍式”的食物浪费模式，对食物浪费及其环境代价的准确把握是采取减少食物浪费行动的重要前提和基础，故对居民消费端的食物浪费规模及其所产生的资源环境效应进行精准测算迫在眉睫。

对食物浪费造成的资源环境效应准确测算，进而把每一粒粮食和生产粮食的资源用在“刀刃”上，将成为新时期绿色发展、推进生态文明和美丽中国建设的重要突破口。因此，本文基于全国典型地区（北京、上海、四川、山东、河南和西藏）直接称重所获取的食物浪费一手数据，首次在全国尺度上对居民消费端的食物浪费总量及其生态足迹进行定量核算。研究结果有助于推算居民消费端食物浪费的减量空间，同时对于缓解食物浪费的环境影响和资源消耗压力、改善全球粮食安全方面具有重要的科学指导意义。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究设计

考虑到城乡居民食物浪费行为的明显差异^[26]，以及居民在外就餐比例不断增大^[27]的情况，本文的中国居民消费端食物浪费由三部分组成：在外就餐食物浪费、城市家庭食

物浪费和农村家庭食物浪费。各部分均由典型地区的一手称重调研数据经过科学假设,推广至全国的平均水平。由于称重调研方法相对其他方法获取的食物浪费数据具有更高的可信度,但全国范围内大规模的称重调研活动因人力、物力和财力等多方面因素的限制难以实现^[28,29],因此,本文假设典型区域的食物浪费水平可代表全国的平均水平。同时,假设近年来的食物浪费水平保持不变,基于典型区域调研获取的食物浪费水平核算2018年全国居民消费端食物浪费规模及其生态足迹。当前学术界对食物浪费的定义和测算方法尚未达成一致^[30],各类研究结果之间难以进行科学的比较和整合推断分析。因此,本文采用统一的分类方法及测算方式获得各部分的浪费量数据。其中,在外就餐食物浪费部分通过北京、上海、成都和拉萨四个典型城市的餐馆调研获取;城市家庭食物浪费部分通过中部典型城市郑州市的调研获取;农村家庭食物浪费部分通过传统农区山东省的调研获取。各地区人口数据采用2018年末人口数^[31]。

各地区居民消费端食物浪费规模及其生态足迹的测算步骤如下(图1):

(1) 选取典型案例地进行实地调查,通过直接称重法获取各类食物浪费数据,计算各部分的人均每日熟食浪费量;

(2) 熟食浪费量乘以生熟转化系数,分别得到各部分的人均每日生食浪费量;

(3) 在外就餐人均每日生食浪费量乘以不同省(市、自治区)的总人口和居民全年在外就餐天数占比,得到居民全年在外就餐食物浪费总量;将城市、农村居民家庭人均

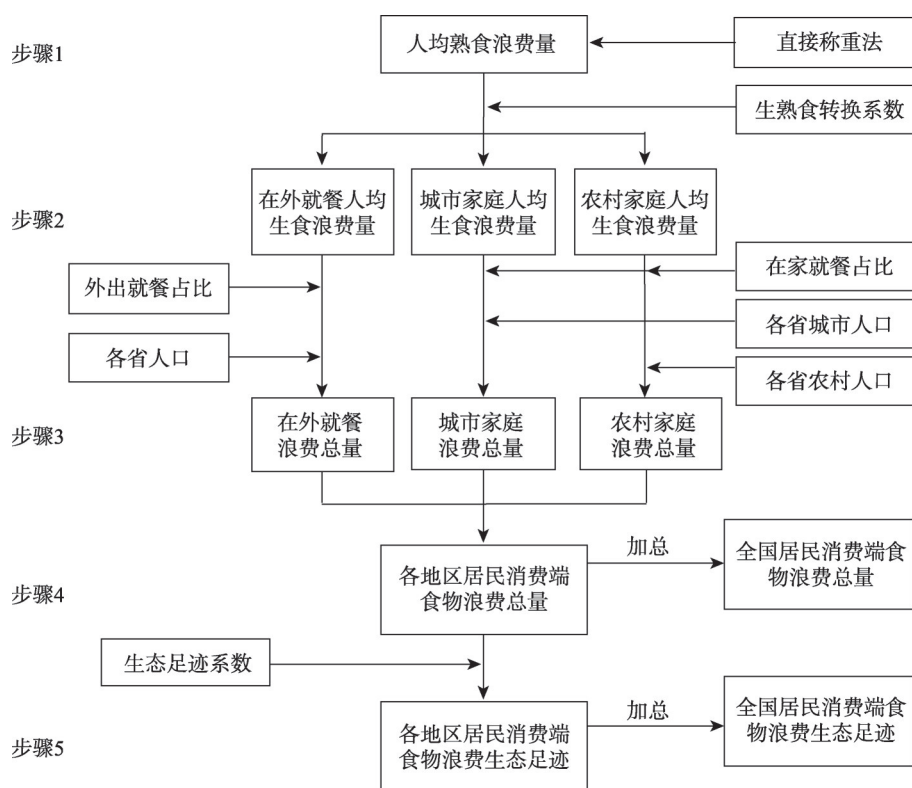


图1 全国居民消费端食物浪费及其生态足迹数据采集及计算方法示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the data acquisition and calculation methods for the food waste and its ecological footprint at the national consumer segment in China

熟食浪费量分别乘以不同省（市、自治区）的城市、农村人口，并乘以居民全年在家就餐天数占比，获得城市、农村家庭全年浪费总量；

（4）各省（市、自治区）三部分居民全年食物浪费总量和为各地区居民全年消费端食物浪费总量，加总求和即为全国消费端食物浪费总量；

（5）将各地食物浪费总量乘以生态足迹系数，得到全国不同地区食物浪费的生态足迹总量，加总求和即为全国食物浪费的生态足迹总量。

1.2 相关界定

1.2.1 消费端食物浪费

食物浪费的定义和概念尚无统一界定^[32]。FAO将食物浪费定义为因人类消费而存在，但在食物供应链的各阶段被丢弃、降解、消耗或因行为疏忽而导致变质或过期的“可食用”部分^[33]。基于此，本文的消费端食物浪费主要指食物在收获和加工后，由于消费者对其不合理的使用而被丢弃的可食用部分，包括喂养动物（仅宠物，如狗和猫，不包括家禽牲畜，如鸡和猪）的食物，不包括不可避免/不可食用的部分（如食用油、果皮、果核和蛋壳，食物剩余中的辅料、骨头、汤水等），以及准备和烹饪食物过程中所产生的厨余部分。

1.2.2 研究方法

本文利用直接称重法获取食物浪费一手数据。称重时，利用精度为g、最大承重5 kg的电子秤，根据每一桌/餐中每一道菜品的类型，采用不同方式处理后对每一剩余部分进行称量：（1）对易于区分和分离的菜品（如青椒炒肉等），直接对每道菜品剩余部分进行分离并分别称重；（2）对易于区分但不易分离的菜品（如排骨汤、水煮青菜等），沥油（汤）后对每道菜品剩余部分分别称重；（3）经过加工后不能确定剩余部分具体比例的菜品（如包子、饺子等），称重后根据其食物组成比例采取最初加工前的比例进行计算，菜品转化原材料的参数详见参考文献[34]。

1.2.3 食物浪费种类

本文将食物种类分为七大类，分别为粮食（大米、面粉、玉米、杂粮、豆类和薯类）、蔬菜（根菜类、茎菜类、叶菜类、花菜类、果菜类和菌藻类等）、肉类（猪肉、牛肉、羊肉、禽肉和其他肉类）、水产类、蛋类、奶类（鲜奶和奶制品）和水果（鲜果、坚果和干果）。

1.2.4 研究区域

研究区域包括全国31个省（市、自治区）（不包括台湾、香港、澳门）。具体划分为七大区域：华北地区，包括北京、天津、河北、山西和内蒙古；东北地区，包括辽宁、吉林和黑龙江；华东地区，包括安徽、福建、江苏、江西、山东、上海和浙江；华中地区，包括河南、湖北和湖南；华南地区，包括广东、广西和海南；西南地区，包括重庆、贵州、四川、云南和西藏；西北地区，包括甘肃、青海、陕西、宁夏和新疆。

1.3 数据来源

1.3.1 在外就餐食物浪费

2015年7-8月，在北京、上海、成都、拉萨四地，通过直接称重法获取195家餐馆（共3557桌）居民在外就餐的食物浪费数据；居民全年在外就餐次数由本次调研所收集的问卷数据得出。代表性餐馆的选择及问卷内容详见文献[34, 35]。

案例地的选取主要基于以下考虑：北京是中国的首都，是国家政治、文化、科技中心，同时也是华北地区最大的城市；上海是全国经济最为发达的中心城市，是华东地区最大的城市；成都位于中国西南部，是四川省的省会，而四川省是中国四大菜系的发源地之一；拉萨位于青藏高原，是西藏自治区省会城市，同时也是独具中国饮食文化和民族特色的国际旅游城市，是高原地区的代表。四个地区居民饮食习惯和消费习惯各不相同，在全国范围内具有较好的代表性。另外，调研中的餐馆分布涵盖了中心城镇和郊区，即在外就餐居民样本涵盖了城市和农村居民，因此调研结果可代表城市和农村居民的在外就餐情况。

1.3.2 城市家庭食物浪费

2018年4-5月，在河南郑州三个城区的35个街道/社区，通过连续3天直接称重法获取273户居民家庭食物浪费数据。郑州是河南省省会、特大城市、中原城市群核心城市^[36]，截至2019年城镇人口总计772.1万人，城镇化率（74.6%）增幅位居全国第一^[37]。作为中国中部地区重要的中心城市，其城市居民家庭食物消费情况在全国范围内具有一定的代表性。

1.3.3 农村家庭食物浪费

2017年11-12月，在山东省德州、济南、潍坊三市的21个村子，通过连续3天直接称重法获取207户居民家庭食物浪费数据。调研户的家庭平均人口为4人，家庭年总收入在1万~4万元的家庭居多^[38]。2018年山东省人口总量排名全国第二（10047万人），同期农村人口排名全国第三，共4638万人^[31]。山东农村被称为“中国农村的缩影”^[39]，因此，居民家庭的食物消费情况在全国范围内具有典型性。

1.4 核算方法

1.4.1 食物浪费量

全国居民消费端食物总浪费量为各省（市、自治区）食物浪费量之和。具体计算如下：

$$FW^{Total} = \sum_{i=1}^{31} FW_i^Y \quad (1)$$

$$FW_i^Y = [FW_i^O \times \gamma + FW_i^H \times (1 - \gamma)] \times 365 \quad (2)$$

$$FW_i^O = \sum_{j=1}^7 fw_j^D \times N_i \quad (3)$$

$$FW_i^H = \sum_{j=1}^7 fw_j^U \times n_i + \sum_{j=1}^7 fw_j^C \times (N_i - n_i) \quad (4)$$

式中： FW^{Total} 为全国全年食物浪费总量（万t）； FW_i^Y 为第 i （ $i=1, 2, 3, \dots, 31$ ）个省（市、自治区）全年食物浪费总量（万t）； FW_i^O 为第 i 个省（市、自治区）每日人均外出就餐食物浪费总量（g/d）； FW_i^H 为第 i 个省（市、自治区）每日人均家庭食物浪费总量（g/d）； γ 为居民全年在外就餐天数占比； fw_j^D 为居民外出就餐第 j （ $j=1, 2, 3, \dots, 7$ ，分别代表粮食、蔬菜、肉类、水产类、蛋类、奶类和水果）类食物每日人均浪费量（g/d）； N_i 为第 i 个省（市、自治区）的总人口（万人）； fw_j^U 为城镇居民第 j 类食物每日人均浪费量（g/d）； fw_j^C 为农村居民第 j 类食物每日人均浪费量（g/d）； n_i 为第 i 个省（市、自治区）的城镇人口（万人）； $N_i - n_i$ 即为第 i 个省（市、自治区）的农村人口（万人）。

其中， fw_j^D 、 fw_j^U 和 fw_j^C 的计算结果详见表1。由于四个城市的餐馆调研中绝大部分餐馆只提供午饭和/或晚饭，故所获取的在外就餐人均食物浪费水平仅为午餐和晚餐的

表1 不同种类食物人均浪费量

Table 1 Per capita amount in different types of food waste

食物种类	在外就餐食物浪费量 $fw^D/(g/d/人)$	城市家庭食物浪费量 $fw^U/(g/d/人)$	农村家庭食物浪费量 $fw^C/(g/d/人)$	全年在外就餐天数 占比 $\gamma/\%$
蔬菜	71.96	7.80	12.53	22.10
粮食	85.89	3.26	10.80	
肉类	41.09	1.74	1.48	
水产类	25.53	0.76	0.51	
蛋类	4.64	0.39	0.47	
水果	2.32	1.28	0.43	
奶类	1.16	1.39	0.00	
所有食物	232.59	16.61	26.23	

注：城市家庭食物浪费量引用文献 [40] 中计算结果，其中肉类与水产类浪费量按 2.3 : 1 分解。

浪费量。本文假设居民在外就餐时早餐食物浪费水平为午餐和晚餐平均水平的一半，全年早餐在外就餐次数为午餐和晚餐在外就餐次数总数的一半，在此基础上核算得出人均每日在外就餐食物浪费量 fw^D 。 N_i 和 n_i 数据来源于《中国统计年鉴 2019》^[31]。

全国居民人均每日食物浪费量 FW^{cap} 计算如下：

$$FW^{cap} = \frac{FW^{Total}}{\sum_{i=1}^{31} N_i \times 365}$$

(5)

1.4.2 生态足迹

生态足迹 (EF) 最早由加拿大学者 Rees 提出，指在一定人口和经济条件下用来生产所需资源和吸纳衍生废弃物所具备生物生产性的土地面积，即用面积单位来对一定人口某种生活方式下所需要占用的生态空间进行度量^[23]。本文采用生态足迹指标以测算食物浪费的生态环境代价和影响。

具体计算公式如下：

$$EF^{Total} = \sum_{i=1}^{31} EF_i^P$$

(6)

$$EF_i^P = \sum_{j=1}^7 (FW_j^Y \times \delta_j)$$

(7)

$$ef^{cap} = \frac{EF^{Total}}{\sum_{i=1}^{31} N_i}$$

(8)

式中： EF^{Total} 为全国全年居民消费端食物浪费总量的生态足迹 (hm^2)； EF_i^P 为第 i 个省 (市、自治区) 全年食物浪费的生态足迹 (hm^2)； FW_j^Y 为第 j 种食物的年浪费总量 (万 t)； δ_j 为第 j 种食物的生态足迹系数^[41] (表 2)； ef^{cap} 为全国居民年人均生态足迹 (m^2/a)。

2 结果分析

2.1 食物浪费定量核算

2.1.1 食物浪费规模与结构

2018 年全国居民消费端产生的食物浪费总量共计 3432 万 t，人均食物浪费量为 67.33 g/d。其中粮食和蔬菜的浪费量占比最高，分别达 1216.29 万 t 和 1195.23 万 t，占比

高达 35.44%和 34.83%。其次是肉类和水产类，浪费量分别为 527.71 万 t（15.38%）和 313.80 万 t（9.14%）。蛋类、水果和奶类的食物浪费量最少，分别为 69.02 万 t、63.61 万 t 和 46.16 万 t，浪费量总占比仅 5.20%（图 2）。

2.1.2 食物浪费空间特征

不同区域全年食物浪费总量间差异较大，从东南沿海向西北内陆递减。其中广东、山东、河南三省的居民食物浪费总量最多，分别为 275.53 万 t、246.60 万 t、238.24 万 t；而食物浪费量最少的是西藏，仅 8.73 万 t，广东省的浪费量是其 32 倍。浪费总量在 170 万~230 万 t 的省份有四川、江苏、河北和湖南；浪费总量在 110 万~170 万 t 的省（自治区）主要分布在华东和南部地区，包括安徽、湖北、浙江、广西、云南和江西；近一半的省（市、自治区）浪费总量在 50 万~110 万 t，主要分布在华北、东北和西北地区。天津、海南、宁夏、青海和西藏的食物浪费量小于 50 万 t（图 3）。

表 2 不同种类食物生态足迹系数

Table 2 Coefficients of the ecological footprint of different types of food

食物种类	生态足迹系数
蔬菜	2.10
粮食	9.66
猪肉	24.58
牛肉	112.63
羊肉	76.00
禽肉	24.50
水产类	78.25
蛋类	14.41
奶类	23.00
水果	4.05

注：粮食的生态足迹系数是谷物、薯类和豆类生态足迹系数的加权平均，权重为 2018 年该三类食物全国居民消费量之比^[31]。

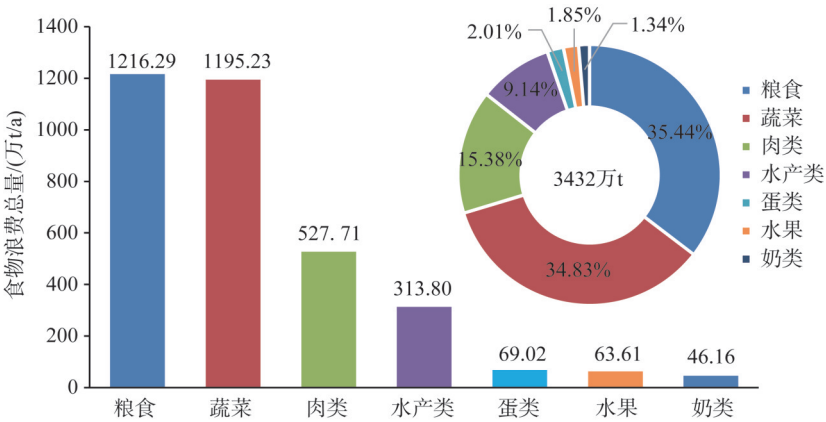


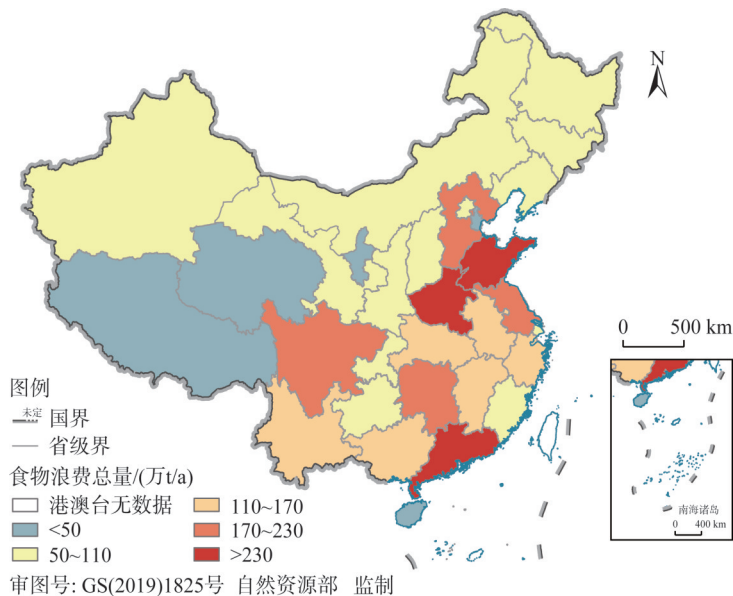
图 2 全国各类食物浪费总量及其占比

Fig. 2 Amount and its proportion in different types of food waste in China

2.2 食物浪费的生态足迹

2.2.1 食物浪费生态足迹总体规模与结构

2018 年全国居民消费端全年食物浪费的生态足迹总量高达 6254 万 hm²，人均食物浪费的生态足迹达 448 m²。其中水产类占用的生态足迹最大，达 2456.23 万 hm²，占比 39.28%；其次是肉类、粮食和蔬菜，所占用的生态足迹分别为 2140.25 万 hm²（34.22%）、1174.94 万 hm²（18.79%）和 251.00 万 hm²（4.01%）；奶类（106.16 万 hm²）和



注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改，下同。

图3 全国食物浪费空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of the food waste in China

蛋类（99.46万hm²）的生态足迹相当，分别占比1.70%和1.59%；水果的生态足迹最小，为25.76万hm²，占比0.41%（图4）。

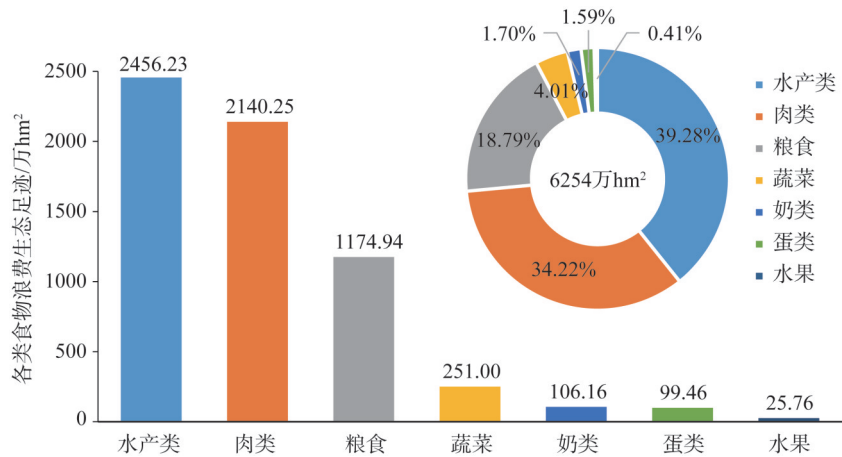


图4 全国各类食物浪费生态足迹及其占比

Fig. 4 Ecological footprint and its proportion in different types of food waste in China

2.2.2 食物浪费生态足迹空间特征

食物浪费占用的生态足迹在空间尺度上差异明显，变化范围在15.41万~508.03万hm²。其中广东省的生态足迹最大（508.03万hm²），是西藏（15.41万hm²）的33倍。生态足迹大于400万hm²的省份有3个，分别为广东、山东和河南；生态足迹在300万~400万hm²共4个省份，分别为四川、江苏、河北和湖南；范围在200万~300万hm²的省份共6个，

主要分布在华南和华中地区；100万~200万 hm^2 的地区最多，共12个，主要分布在东北、华北和西北地区；生态足迹小于100万 hm^2 的地区有6个，主要分布在西部和华北地区（图5）。

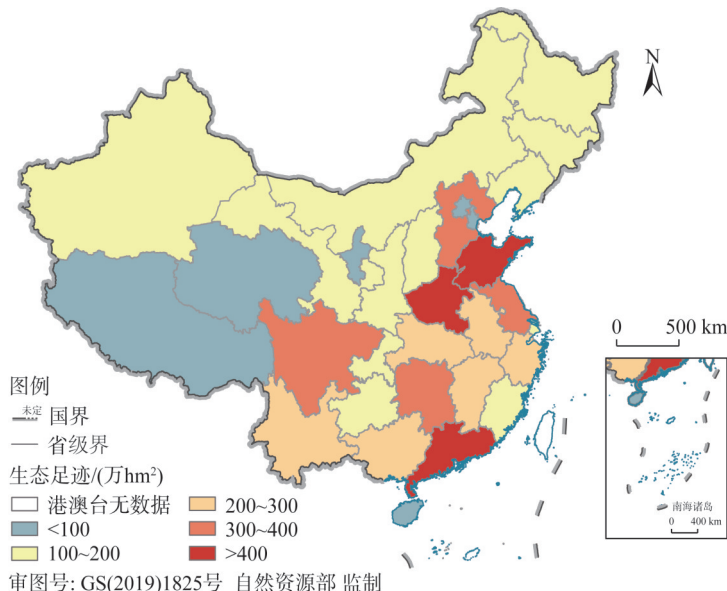


图5 全国食物浪费生态足迹空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of the ecological footprint of food waste in China

3 结论与讨论

本文基于全国典型地区食物浪费的一手称重数据，在全国尺度上对居民消费端食物浪费规模进行了较为精确的定量核算，结果有助于了解我国居民消费端食物浪费总体情况，以及不同区域居民食物浪费的差异。同时，食物浪费资源环境代价的定量核算，有助于推进消费端食物浪费的减量化，从而为保障粮食安全开辟新的潜力，对于深入探索资源节约和环境友好型的可持续消费模式具有重要的科学指导意义。主要研究结论如下：

（1）2018年全国居民消费端共产生3432万t的食物浪费，人均食物浪费量为67.33 g/d，其中粮食和蔬菜浪费量最高，分别为1216.29万t（35.44%）和1195.23万t（34.83%）；其次是肉类（15.38%）和水产类（9.14%）。浪费量较大的地区主要集中在华北与华南地区，大体由东南沿海向西北内陆递减。其中，广东省食物浪费总量最多，共275.53万t；而西藏浪费总量最少，仅为广东省的3.2%。

（2）2018年全国食物浪费所占用的生态足迹达6254万 hm^2 ，人均食物浪费的生态足迹为448 m^2 。其中，水产类的生态足迹最大，达2456.23万 hm^2 （39.28%），其次是肉类（34.22%，2140.25万 hm^2 ）和粮食（18.79%，1174.94万 hm^2 ）。食物浪费占用的生态足迹总量总体自东南沿海向西北内陆递减，集中在华北平原与珠江三角洲。其中，广东省食物浪费的生态足迹最大，达508.03万 hm^2 ，是西藏的33倍。

根据已有文献实地调研称重结果数据^[34,38]估算得出2018年全国消费端食物消费总量66714万t，食物浪费占消费总量的5%，即全国居民消费端的食物浪费仍存在3432万t的

减量空间。2018年,我国粮食进口2050.2万t,进口额59.4亿美元^[42],而居民粮食浪费量1216.29万t,相当于五分之三的进口粮食被浪费,直接损失近36亿美元。同时,2018年食物浪费的生态足迹达6254万hm²,若按照中国人均生态足迹1.5 hm²计算^[43],相当于4169万人的生态位被挤占。可见我国食物浪费问题的资源环境影响和经济代价巨大。

食物浪费问题具有普遍性和严峻性,减少食物浪费是全球性议题^[1-4]。然而,食物浪费受社会经济水平、人口统计特征、文化因素和消费者的行为意识等多方面因素的影响^[14]。

(1)“面子文化”是导致居民在外食物浪费高于家庭食物浪费的主要原因。本文中,居民外出就餐的食物浪费(特别是蔬菜和粮食)是居民消费端食物浪费的主要部分,是家庭食物浪费量(城乡均值)的近10倍。这与居民在外消费心态和中国宴请消费的“面子文化”有关^[23]。消费者的感知行为控制是造成食物浪费的主要驱动因素^[14],近年来国家颁布了严苛的条例以减少食物浪费,餐饮消费场所增加了消费提醒和食物浪费约束制度(如减少浪费的标语),有助于减少居民外出就餐食物浪费情况^[27]。

(2)人口统计因素、家庭食物消费情况和消费者就餐情况等对居民食物浪费产生重要影响。收入较低的家庭食物浪费量显著高于收入较高的家庭^[44]:收入水平相对较低的农村家庭人均食物浪费是城市居民的1.6倍(表1),对于蔬菜和粮食的浪费远大于城市居民。在实际生活中收入较低的农村居民往往选择价格较低、质量较差的主食或蔬菜大量囤购,对于粮食和蔬菜的消费量远大于收入较高的家庭^[38];同时,家庭中又缺少冰箱等良好的食物储存条件,使食物更易腐坏而造成更多浪费^[45]。另外,家庭规模、家庭年龄结构和家庭饮食多样性均对食物浪费产生显著影响^[44],消费者的受教育水平和年龄同样是食物浪费行为重要的影响因素:当消费者的受教育水平和年龄增加,人均食物浪费量呈先增加后减少的趋势;消费者的就餐频率和就餐时间的不同亦会导致食物浪费量的显著差异^[46]。

(3)宏观尺度上,食物浪费的规模受政治、经济、文化和地理等多重因素综合作用^[47]。在一项针对中国25个省(市、自治区)的家庭食物浪费情况的调查显示:长江中游食物浪费率最高,达3.69%,而京津冀地区的浪费率最低,仅为0.14%^[45],可见不同区域的食物浪费状况受其人口总量、经济规模和风俗文化等因素影响而显现不同程度的差异^[48]。本文通过直接称重法获取全国6个典型省(市、自治区)食物浪费的大量一手数据,首次实现全国尺度上食物浪费总体规模核算。案例区和样本的选取注重采样的科学性与全面性:调研省(市、自治区)均为我国各大区域典型地区;样本餐馆选取采用城市一郊区横断面理论涵盖不同区域尺度及规模大小的各类餐馆;样本家庭涵盖不同人口规模与收入水平。但我国幅员辽阔,区域差异性明显,案例区的研究结果难以全面、真实反映全国实际情况。因此,未来将结合不同省份城乡结构、经济水平等因素,对食物浪费规模的核算模型做进一步的修正,使其更符合我国国情,提高规模估算准确性。

减少食物浪费一方面可以增加食物供应链中可食用的食物数量,从而在一定程度上减少对进口粮食的依赖程度,另一方面更是节约了生产这些食物所需的农业资源与处理食物垃圾而产生的额外资源消耗。因此,本文提出以下几点建议:对于政策制定者而言,持续推进“光盘行动”,倡导社会节约食物的社会风气,合理引导居民消费;餐饮行业 and 食品零售部门也应从自身职能出发,规范食物的生产与包装;居民自身应加强节约

意识, 避免盲从攀比, 对每餐食物进行合理配比, 注重减少食物浪费, 适量消费, 避免盲目囤积食物导致其腐坏而产生的浪费。

本文存在一定的不足之处, 如案例区食物浪费数据的代表性和生态足迹模型各参数选择的合理性有待进一步提高, 但对全国居民消费端食物浪费规模及其资源环境效应进行的较为精准的核算结果, 弥补了当前全国尺度上居民消费端食物浪费数据的不足, 并为当前中国快速城市化背景下缓解区域资源压力, 实现可持续消费提供了科学依据。由于减少食物浪费是一个社会性的综合问题, 我国居民消费端食物浪费又存在巨大的减量空间, 因此, 未来可在本文研究基础上对其减量空间做进一步的量化, 在保证食物供需平衡的基础上, 改善食物资源的空间配置。

致谢: 本文食物浪费核算依托的一手调研数据是在成升魁研究员带领下课题组多年积累的集体成果, 本文作者只是文章的直接贡献者, 在此对课题组其他成员和所有为调研做出贡献的相关人员表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 韩俊. 中国食物生产能力与供求平衡战略研究. 北京: 首都经济贸易大学出版社, 2010. [HAN J. Research on Food Production Capacity and Supply-Demand Balance Strategy in China. Beijing: Capital University of Economics and Business Press, 2010.]
- [2] 高利伟. 中国主要粮食作物供应链损失和浪费特征及其减损潜力研究. 北京: 中国农业科学院, 2019. [GAO L W. Characteristics and reduction potentials of losses and waste of major grains of the food supply chain in China. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2019.]
- [3] 王禹. 新形势下我国粮食安全保障研究. 北京: 中国农业科学院, 2016. [WANG Y. Study on China's food security in the new situation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016.]
- [4] 刘立涛, 刘晓洁, 伦飞, 等. 全球气候变化下的中国粮食安全问题研究. 自然资源学报, 2018, 33(6): 927-939. [LIU L T, LIU X J, LUN F, et al. Research on China's food security under global climate change background. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 927-939.]
- [5] 成升魁, 李云云, 刘晓洁, 等. 关于新时代我国粮食安全观的思考. 自然资源学报, 2018, 33(6): 911-926. [CHENG S K, LI Y Y, LIU X J, et al. Thoughts on food security in China in the new period. Journal of Natural Resources, 2018, 33(6): 911-926.]
- [6] THYBERG K L, TONJES D J. Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. Resources, Conservation and Recycling, 2016, 106: 110-123.
- [7] THYBERG K L, TONJES D J, GUREVITCH J. Quantification of food waste disposal in the United States: A meta-analysis. Environment Science & Technology, 2015, 49: 13946-13953.
- [8] 高利伟, 成升魁, 曹晓昌, 等. 食物损失和浪费研究综述及展望. 自然资源学报, 2015, 30(3): 523-536. [GAO L W, CHENG S Q, CAO X C, et al. Review of food loss and waste research and its prospects. Journal of Natural Resources, 2015, 30(3): 523-536.]
- [9] GUSTAVSSON J, CEDERBERG C, SONESSON L, et al. Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 2011.
- [10] 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. 中国软科学, 2012, (7): 106-114. [CHENG S K, GAO L W, XU Z R, et al. Food waste in catering industry and its impacts on resources and environment in China. China Soft Science, 2012, (7): 106-114.]
- [11] LIU J G, LUNDQVIST J, WEINBERG J, et al. Food losses and waste in China and their implication for water and land. Environmental Science & Technology, 2013, 47(18): 10137-10144.
- [12] CICATIELLO C, FRANCO S, PANCINO B, et al. The dark side of retail food waste: Evidences from in-store data. Re-

- sources, *Conservation & Recycling*, 2017, 125: 273-281.
- [13] XUE L, LIU G, PARFITT J, et al. Food, missing data? A critical review of global food losses and food waste data. *Environmental Science & Technology*, 2017, 51: 6618-6633.
- [14] 张盼盼, 白军飞, 刘晓洁, 等. 消费端食物浪费: 影响与行动. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 437-450. [ZANG P P, BAI J F, LIU X J, et al. Food waste at the consumer segment: Impact and action. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(2): 437-450.]
- [15] United Nations. United Nations Sustainability Development Goals Home Page. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>, 2015-09-25/2020-07-22.
- [16] 王禹. 中国食物浪费成因与对策建议. *农业展望*, 2014, 10(6): 64-68. [WANG Y. Causes and countermeasures of food waste in China. *Agricultural Outlook*, 2014, 10(6): 64-68.]
- [17] PARFITT J, BARTHEL M, MACNAUGHTON S. Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2010, 365: 3065-3081.
- [18] LIPINSKI B, HANSON C, LOMAX J, et al. Installment 2 of "creating a sustainable food future": Reducing food loss and waste. World Resources Institute, Washington DC, 2013, <https://www.wri.org/publication/reducing-food-loss-and-waste>.
- [19] 刘彦平, 吕烨, 骆再晨. 我国城市居民食物浪费问题研究. *江苏科技信息*, 2020, 37(6): 67-72. [LIU Y P, LYU Y, LUO Z C. Research on food waste of Chinese urban householders. *Jiangsu Science and Technology Information*, 2020, 37(6): 67-72.]
- [20] LIU G. Food losses and food waste in China: A first estimate. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, 2014, <http://dx.doi.org/10.1787/5jz5sq51731q-en>.
- [21] HLPE. Food losses and waste in the context of sustainable food systems: A report by the high level panel of experts on food security and nutrition of the Committee on World Food Security. Rome, 2014, <http://www.fao.org/3/a-i3901e.pdf>.
- [22] 张丹, 成升魁, 高利伟, 等. 城市餐饮业食物浪费的生态足迹: 以北京市为例. *资源科学*, 2016, 38(1): 10-18. [ZHANG D, CHENG S K, GAO L W, et al. Ecological footprint of catering industry food waste in Beijing. *Resources Science*, 2016, 38(1): 10-18.]
- [23] 王灵恩, 成升魁, 钟林生, 等. 旅游城市餐饮业食物消费及其资源环境成本定量核算: 以拉萨市为例. *自然资源学报*, 2016, 31(2): 215-227. [WANG L E, CHENG S K, ZHONG L S, et al. Quantitative analysis of catering food consumption and its resources and environmental cost in tourist city: A case study in Lhasa. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(2): 215-227.]
- [24] 陈冬冬, 高旺盛. 近30年来中国农村居民食物消费的生态足迹分析. *中国农业科学*, 2010, 43(8): 1738-1747. [CHEN D D, GAO W S. Ecological footprint analysis of food consumption of Chinese rural households in the latest 30 years. *Scientia Agricultura Sinica*, 2010, 43(8): 1738-1747.]
- [25] 李云云, 王灵恩, 成升魁. 高原旅游城市旅游者食物消费特征及其影响因素: 以拉萨市为例. *资源科学*, 2019, 41(3): 494-508. [LI Y Y, WANG L E, CHENG S K. Tourists' food consumption characteristics and influencing factors in tourism cities on the plateau: An empirical study of Lhasa. *Resources Science*, 2019, 41(3): 494-508.]
- [26] LEBERSORGER S, SCHNEIDER F. Discussion on the methodology for determining food waste in household waste composition studies. *Waste Management*, 2011, 31: 1924-1933.
- [27] STANCU V, HAUGAARD P, LÄHTEENMÄKI L. Determinants of consumer food waste behavior: Two routes to food waste. *Appetite*, 2016, 96: 7-17.
- [28] 李艳平, 何宇纳, 翟凤英, 等. 称重法、回顾法和食物频率法评估人群食物摄入量的比较. *中华预防医学杂志*, 2006, 4: 273-280. [LI Y P, HE Y N, ZHAI F Y, et al. Comparison of assessment of food intakes by using 3 dietary survey method. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2006, 4: 273-280.]
- [29] DELLEY M, BRUNNER T. Household food waste quantification: Comparison of two methods. *British Food Journal*, 2018, 120(7): 1504-1515.
- [30] WRI. Food loss and waste accounting and reporting standard. https://www.researchgate.net/publication/304082494_Food_Loss_and_Waste_Accounting_and_Reporting_Standard. World Resources Institute, 2016.

- [31] 国家统计局. 中国统计年鉴2019. 北京: 中国统计出版社, 2019. [National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook 2019. Beijing: China Statistical Press, 2019.]
- [32] SCHOTT A B S, CÁNOVAS A. Current practice, challenges and potential methodological improvements in environmental evaluations of food waste prevention: A discussion paper. *Resources, Conservation and Recycling*, 2015, 101: 132-142.
- [33] FAO. Definitional Framework of Food Loss. Rome, Italy: FAO, 2014.
- [34] LI Y Y, WANG L E, CHENG S K. Spatiotemporal variability in urban HORECA food consumption and its ecological footprint in China. *Science of the Total Environment*, 2019, 687: 1232-1244.
- [35] WANG L E, LIU G, LIU X J, et al. The weight of unfinished plate: A survey based characterization of restaurant food waste in Chinese cities. *Waste Management*, 2017, 66: 3-12.
- [36] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委关于支持郑州建设国家中心城市的复函. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztzl/xxczhjs/ghzc/201701/t20170125_972047.html, 2017-01-22/2020-07-20. [National Development and Reform Commission, PRC. Reply of the national development and reform commission on supporting Zhengzhou in building itself into a national central city. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/ztzl/xxczhjs/ghzc/201701/t20170125_972047.html, 2017-01-22/2020-07-20.]
- [37] 郑州市统计局. 2019年郑州市国民经济和社会发展统计公报. <http://tjj.zhengzhou.gov.cn/tjgb/3112732.jhtml>, 2020-04-03/2020-07-20. [Statistical bureau of Zhengzhou. National economic and social development statistical bulletin of Zhengzhou in 2019. <http://tjj.zhengzhou.gov.cn/tjgb/3112732.jhtml>, 2020-04-03/2020-07-20.]
- [38] 李云云, 王灵恩, 刘晓洁, 等. 基于入户跟踪调研的山东省农村居民家庭食物消费结构与特征研究. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 978-991. [LI Y Y, WANG L E, LIU X J, et al. Structure and characteristics of food consumption of rural households in Shandong province based on household tracking survey. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 978-991.]
- [39] 环球网. 英媒: 从山东看中国农村变化. <https://world.huanqiu.com/article/9CaKrnJqX01>, 2011-04-27/2020-07-20. [Global Times. Reuters: A look at rural China's rural changes from Shandong province. <https://world.huanqiu.com/article/9CaKrnJqX01>, 2011-04-27/2020-07-20.]
- [40] ZHANG P P, ZHANG D, CHENG S K. The effect of consumer perception on food waste behavior of urban households in China. *Sustainability*, 2020, 12(14): 1-14.
- [41] SONG G B, LI M J, SEMAKULA H M, et al. Food consumption and waste and the embedded carbon, water and ecological footprints of households in China. *Science of the Total Environment*, 2015, 529: 191-197.
- [42] 农业农村部国际合作司. 2018年我国农产品进出口情况. http://www.moa.gov.cn/ztzl/nybrl/rlxx/201902/t20190201_6171079.htm, 2019-02-01/2020-07-20. [International Cooperation Department, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, PRC. China's import and export of agricultural products in 2018. http://www.moa.gov.cn/ztzl/nybrl/rlxx/201902/t20190201_6171079.htm, 2019-02-01/2020-07-20.]
- [43] 陈成忠, 葛绪广, 孙琳, 等. 物种急剧丧失·生态严重超载·跨越“地球边界”·区域公平失衡·“一个地球”生活:《地球生命力报告2014》解读. *生态学报*, 2016, 36(9): 2779-2785. [CHEN C Z, GE X G, SUN L, et al. Rapid loss of species·Severe ecological overload·Crossing the "Earth boundary"·Regional equity imbalance·"One Earth" Life: An interpretation of the Living Planet Report 2014. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(9): 2779-2785.]
- [44] LI Y Y, WANG L E, LIU G, et al. Rural household food waste characteristics and driving factors in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, 164: 105209.
- [45] 李丰, 蒋文斌, 朱瑶瑶, 等. 中国农村食物浪费与成因分析: 基于全国25个省(市)的记账式调查. *粮食科技与经济*, 2017, 42(4): 24-28. [LI F, JIANG W B, ZHU Y Y, et al. Food waste and its causes in rural China: Based on an accounting survey of 25 provinces (municipalities) in China. *Grain Science and Technology and Economy*, 2017, 42(4): 24-28.]
- [46] 张盼盼, 王灵恩, 白军飞, 等. 旅游城市餐饮消费者食物浪费行为研究. *资源科学*, 2018, 40(6): 1186-1195. [ZHANG P P, WANG L E, BAI J F, et al. The food waste behavior of catering consumers from a tourism perspective. *Resources Science*, 2018, 40(6): 1186-1195.]
- [47] PEARSON D, MINEHAN M, WAKEFIELD-RANN R. Food waste in Australian households: Why does it occur. *The Australasian-Pacific Journal of Regional Food Studies*, 2013, 3: 118-132.

- [48] 何瑞英, 赵金凌, 李锐, 等. 基于中国样本的食物浪费研究综述. 食品安全导刊, 2020, 3: 52-57. [HE R Y, ZHAO J L, LI R, et al. A review of food waste studies based on samples from China. China Food Safety Magazine, 2020, 3: 52-57.]

Measurement of the scale of food waste and its resources and environmental effects at the consumer segment in China

WANG Ling-en¹, NI Xiao-wen^{1,2}, LI Yun-yun^{1,2,3}, CHENG Sheng-kui¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. University of Pennsylvania, Philadelphia 19348, USA)

Abstract: Food waste and its resulting resources and environmental problems are closely related to global food security, while reducing food waste is gradually considered as Plan B for it. As the main part of food waste at the consumption segment, food waste generated by consumer is the main source of food loss and waste. In this study, the direct weighing method was adopted to obtain first-hand data of food waste of residents in typical areas of China (Beijing, Shanghai, Sichuan, Shandong, Henan and Tibet), and for the first time, the total scale of food waste of residents' consumption and its resource and environmental effects were measured on a national scale. The results show that: (1) In 2018, a total of 34 million tons (67.33 g/d per capita) of food was wasted at the consumer segment in China. Grain waste accounted for the largest proportion (35.44%), followed by vegetables (34.83%) and meat (15.38%). (2) In 2018, food waste occupied 63 million hm² of ecological footprint in China, and the per capita ecological footprint was 448 m². Based on 1.5 hm² of ecological footprint per capita in China, the ecological niche of 42 million people was encroached. Aquatic products (39.28%) and meat (34.22%) accounted for the largest ecological footprint of food waste, amounting to 24.56 million hm² and 21.40 million hm², respectively. The research results are helpful to promote the reduction of food waste at the consumption segment, and have important reference value and significance for alleviating the environmental impact and resource consumption pressure of food waste and improving global food security.

Keywords: food waste; consumer segment; ecological footprint; food security