

论著

“双碳”目标下中国居民食物消费结构升级及碳排放分析研究

马大燕,张朝正,潘登,吴永宁

(国家食品安全风险评估中心,国家卫生健康委员会食品安全风险评估重点实验室,北京 100021)

摘要:目的 分析 2014—2020 年间中国居民食物消费结构及碳排放量,为倡导居民可持续消费模式,实现“双碳”目标提供科学支持。方法 以食物消费为对象,并进一步延伸至食物碳排放。综合运用食物碳排放系数和生命周期法,从直接和间接两个方面对我国居民食物消费引起的碳排放量进行全面的测算,探究食物碳排放演变趋势。结果 中国居民食物结构随动物性食物消费量逐年递增,温室气体排放量也有较大幅度增长。分别假设 2030、2040、2050 年逐渐调整其食物消费结构至膳食指南场景,温室气体排放总量分别在 2030、2040、2049 年达到峰值,温室气体排放量较现状水平有一定幅度增加。结论 中国食物消费结构调整带来的碳减排压力较大,并结合上述结果结论,给出合理的政策启示。

关键词:食物消费;碳排放;“双碳”目标;演变趋势

中图分类号:R155

文献标识码:A

文章编号:1004-8456(2023)07-0975-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.07.001

Upgrading food consumption structure and carbon emissions analysis under goals of carbon peak and carbon neutrality

MA Dayan, ZHANG Chaozheng, PAN Deng, WU Yongning

(National Center for Food Safety Risk Assessment, Key Laboratory of Food Safety Risk Assessment, Ministry of Health, Beijing 100021, China)

Abstract: Objective By analyzing the food consumption structure and carbon emissions among Chinese residents from 2014 to 2020, this study aims to provide scientific support for guiding residents towards adopting sustainable consumption patterns and achieving the dual carbon goals of carbon peak and carbon neutrality. **Methods** The study focuses on food consumption and extends to food-related carbon emissions. By using comprehensive food carbon emission coefficients and the life cycle assessment method, both direct and indirect carbon emissions caused by food consumption among Chinese residents were calculated, and the evolving trend of food-related carbon emissions is explored. **Results** The food structure of Chinese residents increases year by year with the animal food consumption, and the greenhouse gas emissions also increase significantly. Under the hypothetical scenarios assuming gradual adjustments of food consumption structure to meet dietary guidelines by 2030, 2040 and 2050, the total greenhouse gas emissions are projected to peak in 2030, 2040 and 2049, respectively, with certain increases compared to the current level. **Conclusion** The adjustment of food consumption structure in China has brought great pressure on carbon emission reduction. Based on the above results and conclusions, reasonable policy implications are proposed.

Key words: Food consumption; carbon emission; dual carbon goals; evolving trend

2020年9月22日,习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上向世界宣布了中国的碳达峰目标与碳中和愿景。谈话中指出:“中国将

提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”。相较于前两次目标

收稿日期:2023-06-30

基金项目:2023年中心青年基金项目(2023006)

作者简介:马大燕 女 博士后 研究方向为食品安全与营养大数据分析、人工智能应用 E-mail:madayan@cfssa.net.cn

通信作者:潘登 男 副研究员 研究方向为食品安全与营养大数据分析、人工智能应用 E-mail:pandeng@cfssa.net.cn

吴永宁 男 研究员 研究方向为化学污染监控技术、食品污染与人体健康关系的风险评估研究 E-mail:wuyongning@cfssa.net.cn

潘登和吴永宁为共同通信作者

提出^[1-2],碳达峰目标与碳中和愿景是绝对指标和绝对目标,充分展示了中国低碳发展的决心和信心。这也是中国首次在国家层面为各行业低碳发展指明方向。

民以食为天,但是人们对与生活息息相关的食物问题造成的碳排放量知之甚少。《EAT-柳叶刀报告》中写道“食物是撬动公众健康和地球环境改变的最强杠杆”。报告聚焦于全球粮食系统最终消费和生产的两个“末端”,制定满足健康膳食和可持续粮食生产的不同指标,以确保2050年到来时的近百亿人口能享有产自可持续粮食系统的健康膳食^[3]。美国2018年《科学》杂志发表研究显示,全球食物生产体系产生约137亿吨二氧化碳当量(CO₂ eq)的温室气体,占全球人为温室气体排放量的26%。这些温室气体排放来自食物生产的方方面面,按“贡献”大小排序,分别是畜牧业和渔业(31%)、种植业(27%)、土地使用(24%)和供应链(18%)^[4]。过去几十年,随着经济社会的快速发展,中国食物系统经历了前所未有的快速转型,也影响了国民经济、公众健康和生态环境^[5]。中国实现了从以碳水化合物为主的饮食向多样化、高蛋白饮食的结构性转变,营养不良人群大大减少。中国食物系统实现了快速结构性转型,与此同时也带来了粮食供需不匹配、环境恶化、超重肥胖率上升及病原体传播风险增加等多重挑战^[6-7]。本研究以2014—2020年中国居民食物消费结构入手,对主要食物消费量和消费结构进行分析,综合运用食物碳排放系数和生命周期法,从直接和间接两个方面对我国居民食物消费引起的碳排放量进行全面的测算,探究食物碳排放演变趋势。

1 中国食物消费演变趋势及碳排放特征

1.1 食物消费量变化趋势

食物消费结构主要包括粮食、蔬菜、水果、畜禽肉(猪肉、牛肉、羊肉和禽类)、蛋类、水产品、奶类产品,总体上可以分为两大类,即植物性食物消费和动物性食物消费。数据来源为历年中国统计

年鉴^[8]。

近年来,我国居民饮食结构逐渐发生变化。表1统计年鉴数据显示,各类食品人均年消费量呈现上升趋势。如图1所示,2014—2020年动物性食物占比由2014年的18.2%上升到了20%,人均年动物性食物消费量逐年上升,较2014年增长了12 kg;植物性食物消费量变化不大,仍稳中有增,但占比整体下降,说明我国居民在减少粮食等主食消费的过程中表现出对动物性食品消费的偏好。从主要食品消费结构来看,粮食、蔬菜消费量呈现稳中有降的趋势外,其他种类食品消费量均有不同程度的增加。其中,最显著的差异是粮食消费量的占比,从2014年的41.2%下降到36.5%。另外,水果以及肉类食品消费量也存在明显的差异,2014年水果人均年消费结构占比由2014年的12.3%上升到15.8%。畜禽肉人均年消费量增加4 kg,畜、禽肉人均年消费量与结构占比存在较大差距。如图2所示,畜肉消费量呈现下降趋势,而禽肉消费量呈现明显的上升趋势,消费量占比由2014年的2.34%上升到2020年的3.38%,这表明我国居民逐渐形成对禽肉的消费偏好,牛、羊肉消费则呈现小幅度下降。

1.2 食品消费碳排放量及特征分析

为进一步研究食物消费与碳排放的关系,本研究从食品消费的根源入手,综合运用食物碳排放系数和生命周期法,从直接和间接两个方面对我国居民食物消费引起的碳排放量进行全面的测算,进而探讨居民食物消费结构变化带来的碳排放特征及差异。

1.2.1 直接碳排放

食物消费直接碳排放量(W_c)等于食物消费量(Q_i)与综合碳折算系数(R_i)的乘积。其中,综合碳折算系数是通过直接碳排放系数和动物性食物的料肉转化比例计算得到的。动物性食物的料肉转化比例分别为^[9-10]:猪肉2.86 kg,牛羊肉3.4 kg,禽肉及蛋类2.3 kg,奶类1.11 kg,水产品1.8 kg。经处理,各类食物的综合碳折算系数分别为粮食

表1 2014—2020年间中国居民人均年食物消费量/kg

Table 1 Changes in the dietary structure of Chinese residents from 2014 to 2020/kg

时间/年	粮食	蔬菜	水果	畜禽肉	水产品	蛋类	奶类	植物性食物	动物性食物	合计
2014	141.0(41.2)	96.9(28.3)	42.2(12.3)	30.5(8.9)	10.8(3.2)	8.6(2.5)	12.6(3.7)	280.1(81.8)	62.5(18.2)	342.6(100)
2015	134.5(39.5)	97.8(28.7)	44.5(13.1)	31.3(9.2)	11.2(3.3)	9.5(2.8)	12.1(3.5)	276.8(81.2)	64.1(18.8)	340.9(100)
2016	132.8(38.3)	100.1(28.9)	48.3(13.9)	32.0(9.2)	11.4(3.3)	9.7(2.8)	12.0(3.5)	281.2(81.2)	65.1(18.8)	346.3(100)
2017	130.1(37.7)	99.2(28.7)	50.1(14.5)	32.2(9.3)	11.5(3.3)	10.0(2.9)	12.1(3.5)	279.4(80.9)	65.8(19.1)	345.2(100)
2018	127.2(37.0)	96.1(28.0)	52.1(15.2)	35.1(10.2)	11.4(3.3)	9.7(2.8)	12.2(3.5)	275.4(80.1)	68.4(19.9)	343.8(100)
2019	130.1(36.5)	98.6(27.7)	56.4(15.8)	34.5(9.7)	13.6(3.8)	10.7(3.0)	12.5(3.5)	285.1(80.0)	71.3(20.0)	356.4(100)
2020	141.2(37.6)	103.7(27.6)	56.3(15.0)	34.4(9.2)	13.9(3.7)	12.8(3.4)	13.0(3.5)	301.2(80.3)	74.1(19.7)	375.3(100)

括号内为各类食物占比(%)

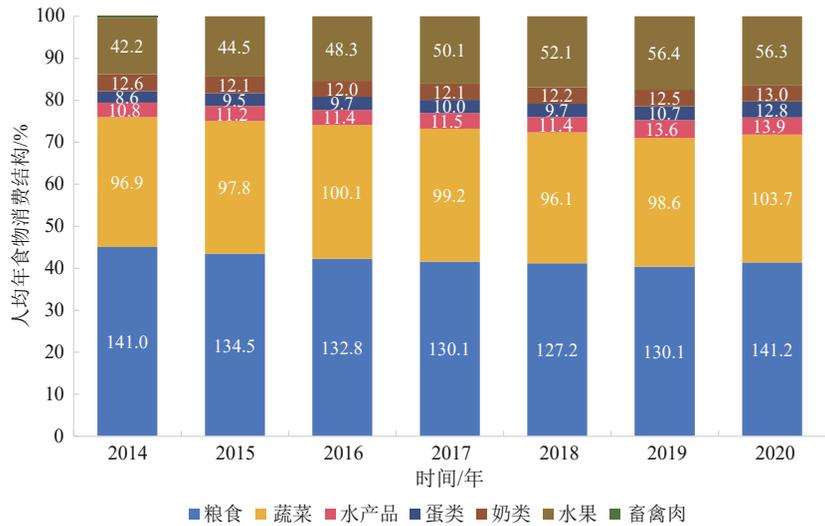


图1 2014—2020年间中国居民人均年主要食品消费结构

Figure 1 Per capita annual consumption structure of main food items for Chinese residents from 2014 to 2020

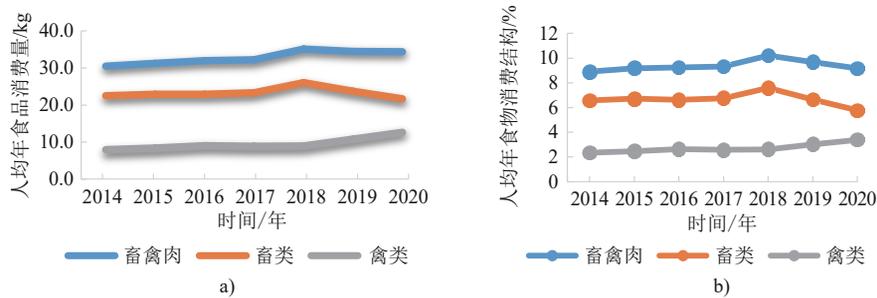


图2 2014—2020年间中国居民畜禽肉消费对比

Figure 2 Comparison of per capita consumption volume and structure proportion of meat and poultry for Chinese residents from 2014 to 2020

1. 199、鲜菜 0.099、水果 0.183、猪肉 4.360、牛肉 5.009、羊肉 5.009、禽类 3.689、蛋类 3.311、奶类 1.562、水产品 2.684。

1.2.2 间接碳排放

居民食物消费产生的间接碳排放量采用生命周期法测算,包括居民食品消费所涉及的生产、加工、运输及仓储、家庭消费等环节^[11]。生产阶段碳排放包括两部分,一是植物性食物(包括饲料用粮)生产过程中,农药、化肥施用产生的排放量(W_1);二是牲畜胃肠道发酵及粪便排放产生的碳排放量(W_2),包括甲烷(CH_4)及氧化亚氮(N_2O)的排放。运输阶段产生的碳排放,主要包括运输工具能源消耗产生的碳排放和仓储产生的碳排放。加工消费环节的碳排放主要包含食物的储藏及食物

加工消费(食物初加工和烹饪)产生的碳排放。食物消费的过程中涉及初加工的主要是农副产品,在本研究中,食物的初加工过程只考虑粮食的初加工。

1.2.3 结果分析

综合运用食物碳排放系数和生命周期法,从直接和间接两个方面对我国居民食物消费引起的碳排放量进行全面测算。不同单位食物温室气体排放系数分析如表2所示,8种主要食物类型中,畜类碳排放强度最高,其次是禽类、蛋类、水产品等动物性食物,水果、蔬菜的碳排放强度最低,可见动物性食物比植物性植物碳足迹或碳排放强度更高,牛羊肉等畜肉动物的碳排放量明显高于禽类、水产品等肉类食物。

表2 不同单位食物温室气体排放系数/($kg CO_{2-eq}/kg$)

Table 2 Analysis of agricultural greenhouse gas emissions from different food production based on carbon emission intensity/($kg CO_{2-eq}/kg$)

粮食	蔬菜	畜类	禽类	水产品	蛋类	奶类	水果
1.3 782 213	0.12 823 163	5.1 367 135	4.10 075 381	3.00 601 811	3.72 275 381	1.7 610 792	0.24 121 316

表3数据显示,2014—2020年人均食物消费温室气体排放呈现上升趋势。如图3所示,2014—2020年我国人均食物消费带来的温室气体排放从2014年的

452.0 $kg CO_2$ /人增长到2020年的497.4 $kg CO_2$ /人,增长了10%。植物性食物在人均消费水平增长了7.5%的情况下,人均排放水平仅增长了2%,2010年

表3 2014—2020年间中国居民人均年消费食物温室气体排放/(kg CO₂/人)

时间/月	粮食	蔬菜	水果	畜禽肉	水产品	蛋类	奶类	植物性食物	动物性食物	合计
2014	194.3	12.4	10.2	148.4	32.5	32.0	22.2	216.9	235.1	452.0
2015	185.4	12.5	10.7	152.1	33.7	35.4	21.3	208.6	242.4	451.1
2016	183.0	12.8	11.7	154.9	34.3	36.1	21.1	207.5	246.5	454.0
2017	179.3	12.7	12.1	156.2	34.6	37.2	21.3	204.1	249.3	453.4
2018	175.3	12.3	12.6	171.0	34.3	36.1	21.5	200.2	262.8	463.0
2019	179.3	12.6	13.6	166.0	40.9	39.8	22.0	205.6	268.8	474.3
2020	194.6	13.3	13.6	163.5	41.8	47.7	22.9	221.5	275.9	497.4

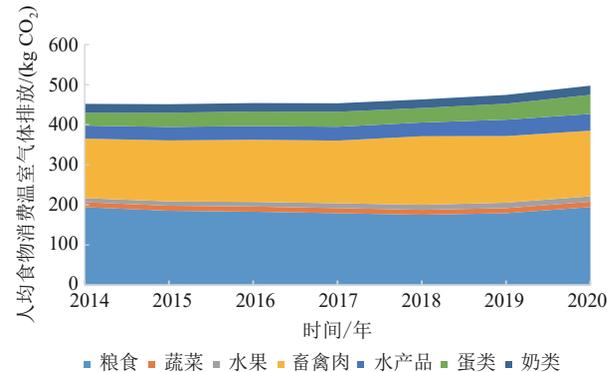


图3 2014—2020年间中国居民人均年主要食品消费温室气体排放趋势

Figure 3 Per capita annual greenhouse gas emissions from main food items for Chinese residents from 2014 to 2020

为 221.5 kg CO₂/人,动物性食物人均消费量有较大幅度增长,人均温室气体排放从 235.1 kg CO₂/人增长到 2020 年 275.9 kg CO₂/人,增长了 17%。人均食物消费温室气体排放中动物性食物占比从 52.0% 增长到 55.5%,尽管肉类消费占比变化不大,但禽类消费占比从 7.3% 增长到 10.5%,畜肉消费占比却从 25.6% 下降到 22.4%,如图 4 所示,说明人们食肉习惯慢慢偏向于碳排放强度更低的家禽类。

7 种主要食物类型中,肉类和粮食的温室气体排放量最大,两者合计占人均食物消费温室气体排放的 70% 以上。2014—2020 年人均粮食消费量减少

了 10.9 kg/人,人均肉类消费量增长了 4 kg/人,水产品增加了 3 kg/人,蛋类增加了 2 kg/人,动物性食物消费量较 2014 年增加了 19%,仅粮食和肉类合计的温室气体排放从 342.71 kg CO₂/人增至 345.34 kg CO₂/人,即在人均粮食和肉类消费量在降低 4.9% 的情况下,温室气体排放增长了 1%。此外,根据每人每天禽畜肉摄入量,与《中国居民膳食指南(2022)》推荐摄入量相比,动物性食物消费中畜禽肉类的摄入量为 94.25 g,远超每天畜禽肉的摄入量 40~75 g,一方面动物性食物中畜肉类摄入过高会增加 2 型糖尿病和结直肠癌的发病风险,另一方面仅每标准人日禽畜肉摄入量满足《中国居民膳食指南(2022)》推荐摄入量,温室气体排放将降低 20%~58%。

2 中国食物消费碳减排压力

居民膳食指南是各国家和地区为居民提供营养建议的重要政策工具。在经济发展水平较低时,人们主要关注温饱问题,此时居民膳食指南的主要目的是为确保各类营养物质的充足摄入,同时较偏重推荐能量密度较高的动物性食物。随着经济的发展和人们对健康意识的不断提高,近年来各国膳食指南开始加强对植物性食物的重视程度。

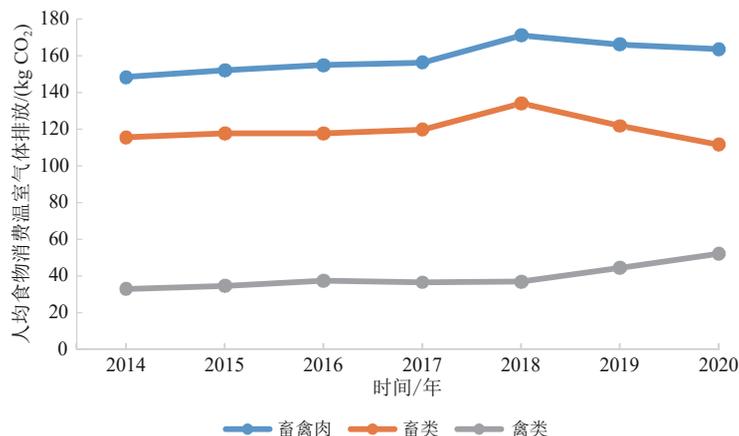


图4 2014—2020年间中国居民人均年畜、禽肉消费温室气体排放趋势对比

Figure 4 Comparison of per capita annual greenhouse gas emissions from meat and poultry consumption for Chinese residents from 2014 to 2020

中国的居民膳食指南是官方推出的指导居民平衡膳食,从而达到合理营养以健康目的的指导性意见和公共政策基础,接下来我们以中国居民膳食(2022版)指南各类食物推荐摄入量,如表4所示,

表4 中国居民膳食指南(2022版)主要食物人均推荐消费量

Table 4 Recommended per capita consumption of key foods in the Chinese dietary guidelines (2022 Edition)

谷薯类	蔬菜类	水果类	畜禽肉类	水产品	蛋类	奶类
每日 250~400 g	每日 300~500 g	每日 200~350 g	每周 300~500 g	每周 300~500 g	每周 300~350 g	每日 300~500 g

与2020年食物消费现状场景相比,居民膳食指南情景下,谷薯类、畜禽肉类等食物的消费低于现状消费量,谷薯类、畜禽肉类等食物分别人均每日推荐消费325、57g,低于现状实际消费的386.85、94.25g;蔬菜类、水果类、水产品、蛋类、奶类等食物的消费均高于现状消费量,蔬菜类、水果类、水产品、蛋类、奶类等食物分别人均每日推荐消费400、275、57、46、400g,而实际消费仅有284.11、154.25、38.08、35.07、35.62g。消费现状与居民膳食指南的推荐消费量对比来看,中国目前部分食物消费已经存在过剩的现象,尤其动物性食物消费中畜禽肉类已超过居民膳食指南畜禽肉消费上限71g/人·d。

如表5所示,从人均各主要食物碳排放来看,膳食指南场景和现状消费场景模式导致的人均温室气体排放差异较大。两种情景下各主要食物碳排放差异与食物结构保持一致。居民膳食指南情景下,7种主要食物类中,除谷薯类和畜禽肉类食物的碳排放低于现状消费,其余均高于现状消费。尤其奶类,依据中国居民膳食指南摄入量推荐量400g,仅奶类温室气体排放较现状消费(2020年)情景增

为最终食物消费量,来分析中国食物消费结构调整的碳减排压力,而接下来计算用到的各类食物的最优消费量参照相关研究的做法,取其上限和下限的平均值作为各类食物的最优消费量。

加了10倍,7种主要食物合计膳食指南情景下较现状消费场景增长了37.9%。

本研究将采用联合国经济社会事务处人口署对中国人口的预测结果,预测方案有高方案、中方案和低方案。其中,高方案和低方案是人口预测中的小概率情景,而中方案是最有可能发生的情景,故本研究采用中速人口方案。图5是分别假设2030、2040、2050年逐渐调整其食物消费结构至膳食指南场景,在碳排放系数等其他条件保持不变的前提下,中国食物温室气体排放总量发展呈现不同的增长轨迹和达峰峰值、达峰时间等。中速人口方案情况下,如果分别在2030和2040年逐渐调整食物消费结构至膳食指南场景,则中国食物温室气体排放总量分别将在2030和2040年前后实现达峰,峰值分别约为97146.0和94619.4万吨/年,较现状水平增长幅度超过34%。在中速人口降速的方案三模式下,食物碳排放总量将在2049年左右达到90398.0万吨的峰值水平,较现状水平排放量增长了28%。3种模拟场景下,均假设保持膳食指南场景下食物消费结构,达到峰值后开始回落,在2050年降至90295.1万吨左右。

表5 膳食指南情景与现状消费场景(2020)人均各主要食物温室气体排放对比/(kg CO₂/人)

Table 5 Comparison of per capita greenhouse gas emissions from main foods in different scenarios: dietary guidelines scenario and current consumption scenario (2020) in China/(kg CO₂/人)

情景	谷薯类	蔬菜类	水果类	畜禽肉类	水产品	蛋类	奶类	合计
现状消费(2020年)	194.60	13.30	13.58	163.55	41.78	47.65	22.89	497.36
膳食指南情景	163.49	18.72	24.21	96.33	62.70	63.09	257.10	685.64

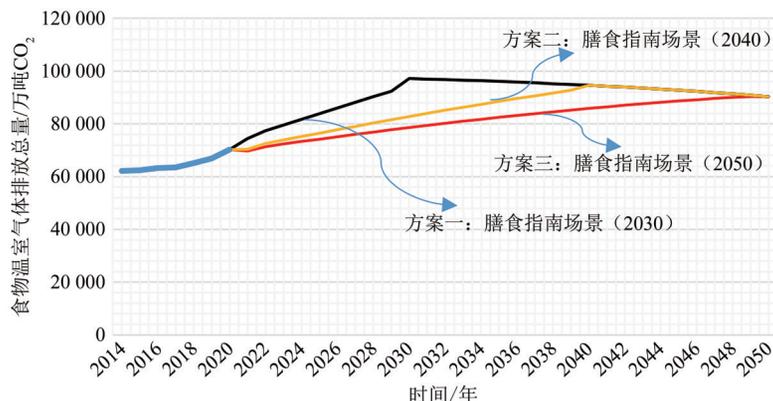


图5 中速人口方案各膳食指南场景下食物温室气体排放

Figure 5 Greenhouse gas emissions from foods in different dietary guidelines scenarios under the medium population projection in China

3 总结及讨论

改革开放以来,居民收入和城市化水平的迅速提升驱动了居民食物消费的巨大变化,食物结构也有从植物性食物为主的模式向动物性食物为主的“西方模式”转变,食物消费量的增加和消费结构中高碳足迹的动物性食物的增长直接导致了食物碳排放的增长。本研究以食物消费为对象,并延伸至食物碳排放,进一步证明了中国居民食物结构在经历了巨大变化后,随动物性食物消费量逐年递增,温室气体排放量仍有较大幅度增长。通过分别假设2030、2040、2050年逐渐调整其食物消费结构至膳食指南场景,即最终食物消费量并保持此消费状态,温室气体排放总量分别在2030、2040、2049年达到峰值,温室气体排放量较现状水平均有一定幅度增加,中国食物消费结构调整的碳减排压力较大。基于上述研究结论,得出如下政策启示。

(1) 减少食物浪费,加强科学消费舆论引导

减少食物浪费可以直接降低食物碳排放的总量,目前食物浪费较为严重,也逐渐引起了重视。政府应加强科学消费的舆论引导,在全社会营造“节约食物文明,浪费食物可耻”的氛围。大力加强分餐制研究,试点推行分餐制,减少食物浪费。

(2) 推广食品碳标签,打造低碳食品体系

推广低碳排放技术,可以把产品在生产过程中所排放的温室气体排放量在产品标签上用量化的指数标示出来,以碳标签的形式向消费者呈现出清晰的量化指标,鼓励消费者在健康饮食的基础上选择碳排放量较少的食品。

此外,除消费环节外,生产环节、流通环节节能降碳的潜力也巨大。农业领域既要大力推广应用各类农业减排技术,还要做到种植业和养殖业的协同减排等;食物流通环节的碳减排需通过采取能源转型、技术应用等一系列措施。

参考文献

[1] 中国科学院可持续发展战略研究组.《2009中国可持续发展战略报告》[R].北京:科学出版社,2009.
Chinese Academy of Sciences Sustainable Development Strategy Research Group. 2009 China Sustainable Development Strategy Report[R]. Beijing: Science Press, 2009.

[2] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 强化应对气候变化行

动[EB/OL]. (2015-11-18) [2023-07-01]. http://www.scio.gov.cn/xwfb/gwyxwbgswfbh/wqfbh_2284/2015n_9477/2015n11y19r/xgbd_10116/202207/t02220715_190088.html.

State Council Information Office of the People's Republic of China. Strengthening Actions to Address Climate Change [EB/OL]. (2015-11-18) [2023-07-01]. http://www.scio.gov.cn/xwfb/gwyxwbgswfbh/wqfbh_2284/2015n_9477/2015n11y19r/xgbd_10116/202207/t02220715_190088.html.

- [3] WILLETT W, ROCKSTRÖM J, LOKEN B, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems[J]. *Lancet*, 2019, 393: 447-492.
- [4] POORE J, NEMECEK T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers[J]. *Science*, 2018, 360(6392), 987-992.
- [5] 樊胜根. 从国际视野看中国农业经济研究. 农业经济问题, 2020(10): 4-8.
FAN S G. China's Agricultural Economic Research from an International Perspective[J]. *Agricultural Economic Issues*, 2020(10): 4-8.
- [6] WANG X, BODIRSKY B L, MÜLLER C, et al. The triple benefits of slimming and greening the Chinese food system[J]. *Nature Food*, 2018, 3: 686-693.
- [7] 周应恒, 王善高, 严斌剑. 中国食物系统的结构、演化与展望[J]. 农业经济问题, 2022, 1: 100-113.
ZHOU Y H, WANG S G, YAN B J. Structure, Evolution, and Prospects of China's Food System[J]. *Agricultural Economic Issues*, 2022, 1: 100-113.
- [8] 国家统计局. 中国统计年鉴[EB/OL]. (2023-01-01) [2023-07-01]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>.
National Bureau of Statistics. China Statistical Yearbook [EB/OL]. (2023-01-01) [2023-07-01]. <http://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2022/indexch.htm>.
- [9] 罗婷文, 欧阳志云, 王效科, 等. 北京城市化进程中家庭食物碳消费动态[J]. 生态学报, 2005(12): 3252-3258.
LUO T W, OUYANG Z Y, WANG X K, et al. Dynamics of Household Food Carbon Consumption in the Urbanization Process of Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005(12): 3252-3258.
- [10] 安玉发, 彭科, 包娟. 居民食品消费碳排放测算及其因素分解研究[J]. 农业技术经济, 2014(3): 74-82.
AN Y F, PENG K, BAO J. Calculation of Carbon Emissions from Resident's Food Consumption and its Factor Decomposition[J]. *Agricultural Technology & Economy*, 2014(3), 74-82.
- [11] 高晶, 唐增, 李重阳. 中国城乡居民食物消费碳排放的对比分析[J]. 草业科学, 2018, 35(8): 2022-2030.
GAO J, TANG Z, LI C Y. Comparative Analysis of Carbon Emissions from Food Consumption among Urban and Rural Residents in China[J]. *Pratacultural Science*, 2018, 35(8): 2022-2030.