

DOI: 10.20103/j.stxb.202312222795

王灵恩, 李云云, 李佳洳, 郭嘉欣, 张宪洲, 范玉枝, 成升魁. 青藏高原“一江两河”农区居民家庭食物消费生态足迹核算. 生态学报, 2024, 44(17): 7476-7489.

Wang L E, Li Y Y, Li J R, Guo J X, Zhang X Z, Fan Y Z, Cheng S K. Evaluating ecological footprint of household food consumption in the rural area of Yarlung Zangbo River and its two tributaries on the Qinghai-Tibetan Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(17): 7476-7489.

青藏高原“一江两河”农区居民家庭食物消费生态足迹核算

王灵恩¹, 李云云^{1,*}, 李佳洳², 郭嘉欣³, 张宪洲¹, 范玉枝¹, 成升魁¹

1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

2 中国农业大学经济管理学院, 北京 100083

3 南开大学旅游与服务学院, 天津 300350

摘要: 核算区域食物消费及其资源环境代价对优化区域食物供应、加强区域生态保护与调整食品安全战略具有重要意义。基于实地调研获取的 2018 年青藏高原“一江两河”农区居民家庭食物消费一手数据, 在分析居民食物消费数量与结构的基础上核算其生态足迹。主要结论如下: (1) “一江两河”农区居民家庭人均食物消费量为 482.44 kg 人⁻¹ a⁻¹, 全年区域食物消费总量达 36.90 万 t, 其中植物性食物消费占比 74.4%, 约是动物性食物 (25.6%) 的 2.91 倍; 消费结构中, 蔬菜占比最高 (29.4%), 其次是青稞 (20.7%) 和奶类 (15.3%), 肉类消费以牛羊肉为主 (88.4%); (2) 区域食物消费所占用的生态足迹总量高达 41.41 万 hm², 是“一江两河”所在三市 (拉萨、日喀则和山南) 耕地面积的 2.48 倍, 肉类消费所占用的生态足迹最大 (51.1%); 食物消费的生态足迹有 30.8% 来自外地, 其中以甘肃、青海、新疆三地居多。

关键词: 食物消费; 生态足迹; 农区家庭; 定量核算; 青藏高原

Evaluating ecological footprint of household food consumption in the rural area of Yarlung Zangbo River and its two tributaries on the Qinghai-Tibetan Plateau

WANG Lingen¹, LI Yunyun^{1,*}, LI Jiaru², GUO Jiabin³, ZHANG Xianzhou¹, FAN Yuzhi¹, CHENG Shengkui¹

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100083, China

3 College of Tourism and Service Management, Nankai University, Tianjin 300350, China

Abstract: Food is essential for human sustenance, and the ecological footprint of regional food consumption reflects the land resources necessary to support the population. Analyzing the residents' food consumption, structure, and associated resource and environmental costs holds significance for enhancing food supply, reinforcing regional ecological preservation, and revising food security strategies, particularly in ecologically fragile areas. This study utilized primary data from field research conducted in 2018 on household food consumption in the rural areas along the Yarlung Zangbo River and its two tributaries on the Qinghai-Tibetan Plateau. It examines the volume and composition of residents' household food consumption and computes their ecological footprints. The primary findings are: (i) The residents in the rural areas of the Yarlung Zangbo River and its two tributaries have a per capita annual food consumption of 482.44 kg, with the regional total reaching 369,000 tonnes. Plant-based food consumption constitutes 74.4%, nearly 2.91 times greater than that of animal-based food

基金项目: 第二次青藏高原综合科学考察研究 (2019QZKK1002); 国家自然科学基金项目 (42171288, 42301343); 中国科学院青年创新促进基金项目

收稿日期: 2023-12-22; 网络出版日期: 2024-06-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liyyun@igsrr.ac.cn

(25.6%); in the consumption composition, vegetables comprise the largest share (29.4%), followed by barley (20.7%) and milk (15.3%). Beef and mutton predominantly contribute to meat consumption, accounting for 88.4% of the total meat consumption. (ii) The cumulative ecological footprint from food consumption reaches 414,100 hm^2 , which is 2.48 times the arable land in three city areas (Lhasa, Shigatse, Shannan) within the Yarlung Zangbo River and its two tributaries region. In which, 55.6% (230,200 hm^2) constitutes the direct ecological footprint, predominantly from cropland (61.2%, 140,900 hm^2), complemented by grassland (88,100 hm^2) and woodland (1200 hm^2). Meat consumption accounts for the most substantial ecological footprint at 51.1%. 30.8% of the ecological footprint from food consumption originates from external sources, with Gansu Province (9.2%), Qinghai Province (8.0%), and Xinjiang Uygur Autonomous Region (5.2%) being the primary contributors. The study results hold practical importance in reconfiguring local agricultural practices, refining the food supply-demand dynamic in Tibet, safeguarding the ecological environment of the Qinghai-Tibetan Plateau, and shaping pertinent policies.

Key Words: food consumption; ecological footprint; rural households; quantitative accounting; the Qinghai-Tibetan Plateau

食物是人类的首要消费品。食物消费^[1-2]、浪费^[3-4]以及食物系统^[5-6]一直是全球研究的热点话题,因为食物消费关系到粮食安全^[7]、营养健康^[8]、生态环境可持续发展^[1,9]等与人类生存与发展直接相关的问题。最初,学术界对于食物消费的研究大多聚焦在量化核算上,主要关注食物消费量、消费结构^[10]和消费模式^[11],大多基于宏观数据^[12-13]和二手数据^[14]。近年来,基于一手数据量化食物消费的研究不断增加^[15-16],并且在方法上不断拓展。在研究人群特征上,有基于人口统计特征,如性别^[17]、收入^[18]、年龄^[19-20]等视角出发探讨食物消费的异质性,也有基于旅游者^[21-22]、轮班工作者^[23]等人群视角来研究特殊情景下的食物消费。在研究尺度上,从全球^[24]、国家^[13,25]到区域^[26],尤其是饮食结构发生巨大变化^[27-28]、旅游热点^[29-30]等值得重点关注的区域。在研究时间维度上,尤其关注特殊时期食物消费量与消费结构变化,例如新冠疫情期间居民食物消费特征变化^[31-32]。

在当今人口增长^[1]、饥饿^[33]、全球气候变化^[9]等问题日益凸显的背景下,评估食物消费的资源环境代价愈发重要。研究表明,全球范围内,农业排放了人为温室气体的30%,消耗了70%的淡水,占用了三分之一以上的潜在耕地^[34]。不仅如此,全球食物需求增长也威胁了生物多样性^[34-35],导致土壤退化^[36],加剧污染物排放和气候变化^[37-38]。因此迫切需要引导公众选择可持续的食物消费模式。调整饮食模式对改善环境潜力巨大^[37,39-41],采用可持续的饮食模式,温室气体排放和土地占用可减少70%—80%,水资源消耗可减少50%^[34],同时可提升食物系统的氮利用效率^[42]。

综合来看,已有关于食物消费及其资源环境效应的研究比较丰富,但大多研究仍然依赖二手和过时的数据,且研究区域多为国家或全球层面,对于特殊区域,尤其是生态脆弱、人口急剧流动、文化习俗不断受到外界冲击区域的相关研究仍然较少。针对一些具体问题,比如,生态脆弱区域的食物消费对外界的依赖程度多大?这些区域不断变化的饮食结构对当前的生态环境产生多大的影响?如何调整居民的饮食结构以实现生态脆弱区域可持续食物消费,需要尽快回答。

青藏高原位于亚洲大陆中部,区位优势突出,在中国乃至全球生态安全保护、气候调节等方面具有重要的作用^[43]。近年来气候变化明显,人类活动范围扩大,高原生态环境出现了不同程度的恶化^[44]。同时青藏高原地区粮食自给能力不足^[45],该区域的食物安全不仅事关居民生活,在经济发展、民族团结、边境安全等方面也具有特殊意义^[46]。西藏“一江两河”地区是西藏的政治、经济、文化中心,同时也是主要农区与人口集中区^[47]。近年来随着交通逐渐便利,西藏成为全球旅游圣地,由此也带来人口快速流动、外来文化冲击和饮食模式转变,对区域资源环境带来新的挑战。研究这一生态脆弱地区的食物消费带来的资源环境代价,对加强区域生态保护研究与调整西藏食物安全战略具有重要意义。

因此,本文以青藏高原“一江两河”农区这一生态脆弱区域为案例地,基于实地一手调研数据,定量分析

居民家庭食物消费量与消费结构,核算其生态足迹。以期通过刻画生态脆弱区域当前的食物消费现状、定量核算区域食物消费对生态环境产生的影响并评估其对区域外部的依赖程度,为调整当地种养殖结构、优化青藏高原食物供需格局和保护青藏高原生态环境与制定相关政策提供重要基础数据和科学参考。

1 研究区概况

西藏“一江两河”地区是指雅鲁藏布江中部及其主要支流拉萨河和年楚河的中游,由拉萨市、日喀则市、山南市下辖的 18 个县(区)组成(图 1)。2020 年区域农村人口共 66.19 万,城镇人口 80.32 万,总人口占西藏总人口的 40.2%^[48],该区域历来是西藏政治、文化与经济的中心地带,同时也是粮食重要产区,被誉为西藏“金三角”。2020 年,该区域实现 GDP 863.93 亿元,占西藏 GDP 总额的 45.4%,占全国 GDP 总额的 0.1%^[49-50]。饮食上,西藏地区的高寒气候、发达的畜牧业和饮食文化决定了当地居民食用糌粑、酥油等特色食物的饮食习惯,同时牛羊肉和奶类消费较高^[51]。



图 1 调研区域和调研村分布

Fig.1 Distribution of study area and surveyed villages

2 研究方法与数据来源

2.1 研究设计与系统定义

本研究基于实地入户调研和回顾性调查方式获取的研究区居民家庭上一整年的食物消费数据,定量核算人均食物消费量,分析食物消费结构,在此基础上基于生态足迹核算模型与指标核算区域家庭食物消费的生态足迹(图 2)。

具体设计与相关定义如下:

(1) 考虑到西藏的粮食主要依靠本地生产^[52],农区居民的食物消费结构与数量与当地种植养殖情况密切相关。因此,调研中一方面获取家庭种植养殖信息,包括种植(养殖)种类、产量等信息;另一方面获取家庭食物消费信息,包括居民家庭对各类食物的全年自产量和购买量。其中,自产量是指自家生产或亲朋好友赠送食物的重量,购买量指市场购买食物的重量,通过膳食回忆的方式获取。

(2) 调研的食物种类主要包括肉类(包括牛肉、羊肉、猪肉、禽肉)、蛋类、奶类(包括鲜奶、酸奶、酥油、奶粉、奶渣)、蔬菜(包含土豆)、水果、大米、面粉(包括面粉、面条、馒头等面食)、青稞(糌粑、青稞酒)、啤酒、食用油(多为菜籽油)十大类。前三类食物为动物性食物,后七类食物为植物性食物。水产品、坚果、豆类和杂

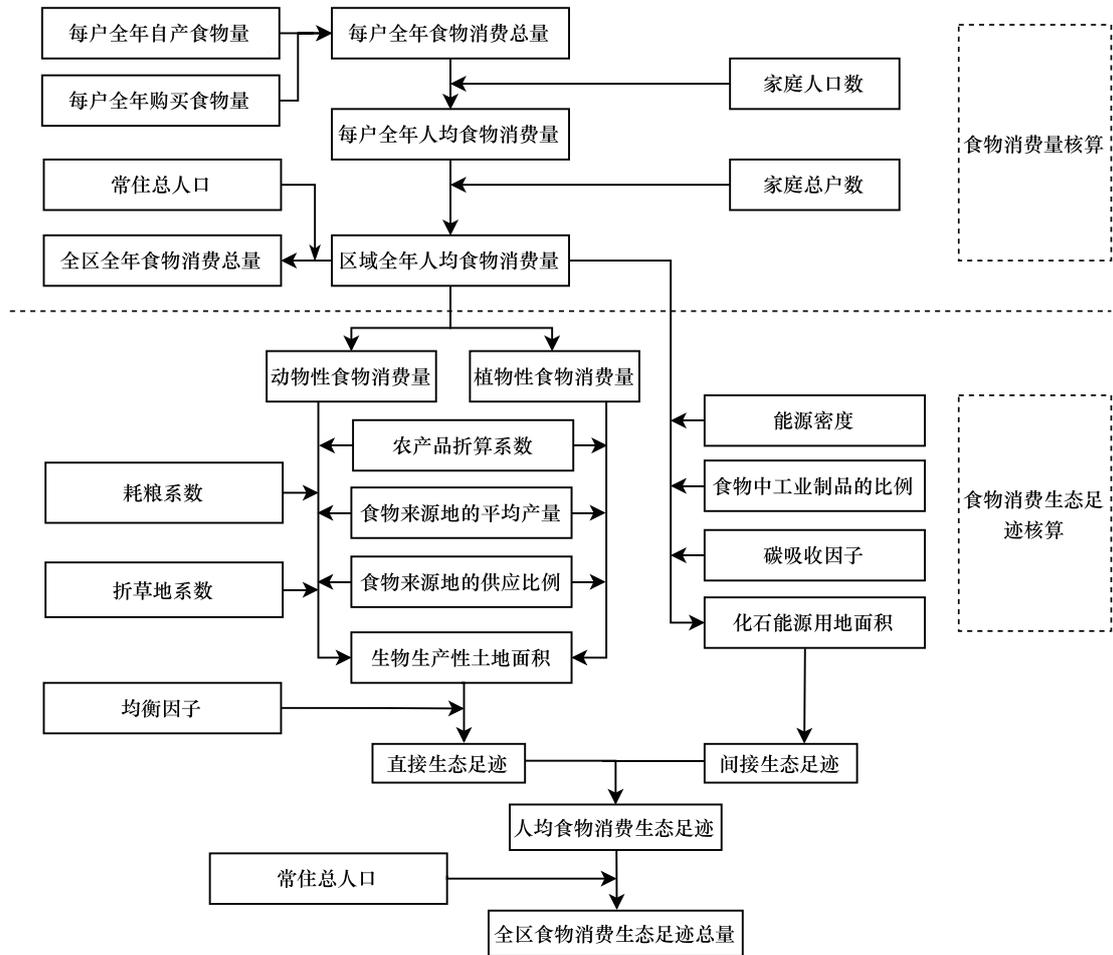


图 2 食物消费及其生态足迹核算流程图

Fig.2 Flow chart of calculation of food consumption and its ecological footprint

粮等食物因消费比重小,尚未纳入本研究范围。

(3) 获取的食物消费量均为生食重量,奶类、面食和青稞制品均通过相应转换系数(由农户调研所得)转换为原料液体奶、面粉和青稞的重量。

2.2 实地调研

调研团队于 2019 年 8 月在“一江两河”地区开展入户调研。为保证样本代表性,采用多阶段分层抽样方法抽取样本村和调研户。在拉萨、日喀则和山南三市,基于经济、区位信息选取了达孜县、林周县、墨竹工卡县、尼木县、曲水县、白朗县、江孜县、拉孜县、南木林县、桑珠孜区、贡嘎县、乃东区、琼结县、桑日县、扎囊县 15 个区/县,每个区/县抽样 3—5 个村子,每个村子基于收入、规模等抽取 5 户家庭进行入户调研。最终,共访谈 61 个村子(图 1)的 306 户,在对问卷数据进行多次检查核对后,获得本研所需有效样本 252 份,有效率达 82.4%。

2.3 食物消费和生态足迹核算

2.3.1 食物消费

根据公式(1)—(4)计算得到研究区农区居民家庭全年食物消费总量:

$$Q_j = \sum_{i=1}^{10} (Q_{ij}^P + Q_{ij}^B) \tag{1}$$

$$AQ_j = \frac{Q_j}{n_j} \tag{2}$$

$$AQ = \frac{\sum_{j=1}^x AQ_j}{x} \quad (3)$$

$$Q = AQ \times N \quad (4)$$

式中, Q_j 表示农区第 j ($j = 1, 2, 3, \dots, x$) 个家庭一年食物消费总量, Q_{ij}^P 代表第 j 个家庭第 i ($i = 1, 2, 3, \dots, 10$, 分别代表肉类、蛋类、奶类、蔬菜、水果、大米、面粉、青稞、啤酒、食用油) 种食物全年的自产量, Q_{ij}^B 代表第 j 个家庭第 i 种食物全年的购买量; AQ_j 代表第 j 个家庭的人均食物消费量, n_j 表示第 j 个家庭的人口数; AQ 为样本家庭人均食物消费量; Q 表示研究区农区居民家庭全年食物消费总量, N 表示农区总人口^[48-49, 53-54]。

2.3.2 生态足迹

生态足迹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必需的生物生产性的土地面积,即用面积单位对一定人口的某种生活方式下所需要占用的生态空间进行度量^[55]。本文采用生态足迹指标以测算食物消费的资源环境代价和影响,具体步骤如下:

(1) 基于各类食物消费所需生物生产性土地面积核算直接生态足迹。消费食物对应农作物总量除以农作物的平均生产力得到生物生产性土地面积。确定十类食物的来源地及各自供应比例,并采用各类食物对应农作物 2018 年的平均产量作为平均生产力。基于折算系数将各类食物消费量换算为对应农产品消费量;其中,动物性食物部分需基于耗粮系数进一步换算其饲养所需粮食消费量,即饲料粮消费量。牛羊肉、猪肉、奶类、禽肉和蛋类的饲料由玉米(82%)、小麦(10.3%)、水稻(7.7%)构成,而西藏本地牛羊的饲料由小麦和青稞构成,比例为 2:1,猪饲料为玉米(100%)^[22, 56]。受数据局限,假设动物性食物来源与饲料粮来源一致(即喂牲畜的饲料为当地生产)。考虑到猪肉与禽肉主要是耗粮型的家畜/禽,而牛羊肉主要为草食型动物,因此在计算牛羊肉和奶类的粮食所需耕地面积的同时考虑草料需求的草地面积,通过牛羊肉和奶类中来自放牧系统的部分,依据平均的折草地系数进行换算。

(2) 核算间接生态足迹。食物消费的间接生态足迹指能源足迹,一般转化为用于吸收其二氧化碳排放的森林面积。基于能源密度核算食物在制造、加工、运输过程所消耗的化石能源量,乘以中国居民食物消费中工业制品的比例(40%),核算得出吸收二氧化碳所需的林地面积^[57]。

(3) 确定食物来源地各种土地类型的均衡因子,核算生态足迹总量。将各类食物消费所需生产性土地面积乘以对应均衡因子,加总直接和间接生态足迹得到农区居民食物消费的生态足迹总量。

根据以下公式计算人均食物消费的直接生态足迹(EF^{direct}):

$$EF^{\text{direct}} = \sum_{k=1}^3 S_k R_k \quad (5)$$

$$S_1 = \sum_{i=1}^{10} S_{1i} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{m=1}^{14} \frac{AQ_i \times f_i \times \alpha_{im} \times (1 - \beta_i) \times \gamma_i}{Y_{1im}} \quad (6)$$

$$S_2 = \sum_{i=1}^{10} S_{2i} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{m=1}^{14} \frac{AQ_i \times f_i \times \alpha_{im}}{Y_{2im}} \quad (7)$$

$$S_3 = \sum_{i=1}^{10} S_{3i} = \sum_{i=1}^{10} \sum_{m=1}^{14} \frac{AQ_i \times f_i \times \alpha_{im} \times \beta_i}{\delta_i} \quad (8)$$

式中, S_k 为食物消费所需的第 k ($k = 1, 2, 3$, 分别代表耕地、林地、草地) 类土地面积(hm^2); R_k 为三种土地类型对应的均衡因子,区分不同省份^[58]; Q_i 为第 i 种食物全年消费总量(kg/a); f_i 为第 i 种食物的农产品折算系数(kg/kg)(表 1); α_{im} 表示第 i 种食物来自第 m ($m = 1, 2, 3, \dots, 14$) 个供应地的比例(表 2); β_i 表示第 i 种食物(主要为牛羊肉和奶类)来自放牧系统的比例, γ_i 表示第 i 种食物的耗粮系数(表 1); Y_{kim} 为来自第 m 供应地的第 k 类土地的第 i 种食物对应农作物的平均生产力($\text{kg hm}^{-2} \text{a}^{-1}$),数据来源于国家统计局(<https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01>)。 S_3 主要为牛羊肉和奶类草料所需的草地面积(hm^2), δ_i 表示第 i 种食

物对应农产品的折草地系数(kg/hm^2)(表 1)。

表 1 各类食物的耗粮系数、折草地系数与能源密度

Table 1 Conversion factors of agricultural products to grain consumption, grassland and energy intensity of various categories of food

食物种类 Food category	农产品 Agricultural products	农产品折算系数 ^[27,56,59] Conversion factor of raw food to agricultural products/(kg/kg)	耗粮系数 ^[57,60-62] Conversion factors of agricultural products to grain consumption/(kg/kg)	来自放牧系统的比例 ^[57] Proportion from grazing systems/%	平均折草地系数 ^[57] Average conversion factors of grassland/(kg/hm ²)	能源密度 ^[63] Energy intensity/(MJ/kg)
青稞 Barley	青稞	2.00	—	—	—	20
自产面粉 Self-produced flour	小麦	1.49	—	—	—	20
购买面粉 Purchased flour	小麦	1.49	—	—	—	20
大米 Rice	稻谷	1.48	—	—	—	20
蔬菜 Vegetables	蔬菜	1.50	—	—	—	10
水果 Fruits	水果	1.20	—	—	—	10
食用油 Edible oil	油菜	3.33	—	—	—	30
啤酒 Beer	小麦	0.20	—	—	—	25
牛肉 Beef	出栏肉牛	2.11	3.60	14%	128.60	130
羊肉 Lamb	出栏肉羊	2.25	2.30	35%	69.40	80
猪肉 Pork	出栏肉猪	1.63	2.76	—	—	100
禽肉 Poultry	出栏肉禽	1.49	2.18	—	—	80
蛋类 Eggs	鲜蛋	1.18	2.00	—	—	25
奶类 Milk	原奶	1.05	0.30	26%	830.80	10

表 2 各类食物供应地及供应比例、用地类型和能源密度

Table 2 The supply areas and their proportions, land categories and energy density of various categories of food

食物种类 Food category	主要供应地(省、直辖市、自治区)及比例 ^[56] Main supply provinces, municipalities and autonomous regions and their proportions	用地类型 Type of land use
蔬菜 Vegetables	西藏(20%)、湖北(10%)、四川(30%)、重庆(30%)、陕西(10%)	耕地、能源用地
水果 Fruits	西藏(5%)、新疆(15%)、四川(15%)、重庆(15%)、陕西(30%)、山东(20%)	林地、能源用地
蛋类 Eggs	新疆(85%)、甘肃(15%)	耕地、能源用地
奶类 Milk	西藏(100%)	耕地、草地、能源用地
牛肉 Beef	西藏(75%)、甘肃(10%)、青海(15%)	耕地、草地、能源用地
羊肉 Lamb	西藏(60%)、甘肃(20%)、青海(20%)	耕地、草地、能源用地
猪肉 Pork	西藏(10%)、新疆(90%)	耕地、能源用地
禽肉 Poultry	江苏(30%)、新疆(70%)	耕地、能源用地
大米 Rice	黑龙江(72%)、辽宁(8%)、安徽(5%)、江苏(5%)、湖北(5%)、四川(5%)	耕地、能源用地
自产面粉 Self-produced flour	西藏(100%)	耕地、能源用地
购买面粉 Purchased flour	安徽(20%)、甘肃(80%)	耕地、能源用地
青稞 Barley	西藏(100%)	耕地、能源用地
啤酒 Beer	江苏(20%)、河南(80%)	耕地、能源用地
食用油 Edible oil	西藏(80%)、四川(10%)、重庆(10%)	耕地、能源用地

人均食物消费的间接生态足迹(EF^{indirect})计算如下:

$$EF^{\text{indirect}} = S_{\text{fossil}} \times R_{\text{fossil}} \quad (9)$$

$$S_{\text{fossil}} = \sum_{i=1}^{10} AQ_i \times EI_i \times C \quad (10)$$

式中, S_{fossil} 为能源用地面积(hm^2), R_{fossil} 为化石能源均衡因子^[58], EI_i 表示能源密度(MJ/kg)(表 1), C 表示

能源的碳吸收因子,为 $0.36 \text{ m}^2/\text{MJ}^{[57]}$ 。

“一江两河”农区居民食物消费的生态足迹总量(EF)为:

$$EF = (EF^{\text{direct}} + EF^{\text{indirect}}) \times N \tag{11}$$

3 结果与分析

3.1 食物消费量与结构

2018 年“一江两河”农区居民家庭人均食物消费量为 482.44 kg ,其中植物性食物消费占比 74.4% ,约是动物性食物 (25.6%) 的 2.91 倍(图 3、图 4)。从饮食结构来看,蔬菜消费占比最高 (29.4%),其次是青稞 (20.7%)。青藏高原独特的地理环境使得青稞长期以来是当地居民的主要粮食作物,青稞主要用来制作糌粑与酿青稞酒,用作糌粑的青稞消费占比食物总量的 11.0% ,略高于面粉 (9.8%) 和大米 (6.8%);西藏畜牧业发达,居民偏好饮食肉类和奶类,因此奶类 (15.3%) 和肉类 (9.2%) 的消费量也相对较高,而水果 (3.8%)、食用油 (2.8%)、啤酒 (1.2%)、蛋类 (1.1%) 的消费占比则相对较低;肉类消费中,牛羊肉占比 88.4% 。从不同地区看,日喀则的人均青稞消费量最高,是全区平均水平的 1.62 倍,而山南的人均青稞消费量仅为平均水平的 49.8% ,但山南的面粉人均消费量高于其他地区,约为平均水平的 1.19 倍;日喀则的奶类消费量和水果消费量分别为平均水平的 70.5% 和 65.4% ,均明显低于平均水平。

从总量来看,全年农区居民家庭食物消费总量为 36.90 万 t ,其中日喀则 (16.72 万 t) 最多,其次是拉萨 (13.41 万 t)、山南 (6.77 万 t);对于不同种类食物,消费量最多的三种食物分别是蔬菜 (10.72 万 t)、青稞 (8.74 万 t) 和奶类 (5.17 万 t),啤酒和蛋类的消费量最少,低于 0.5 万 t (图 3)。

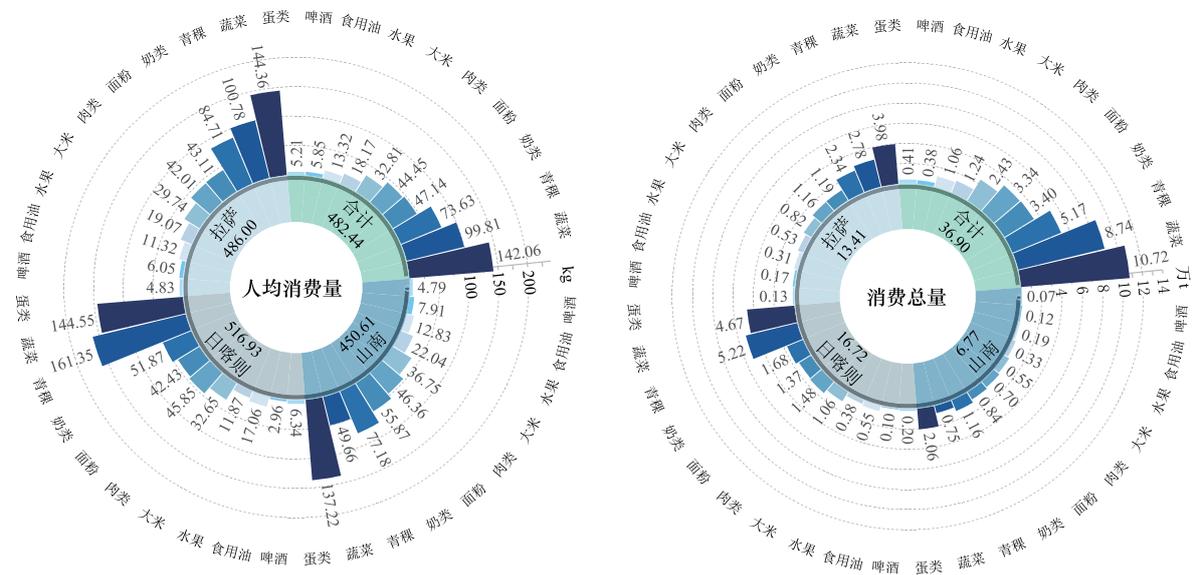


图 3 不同地区农区家庭各类食物全年消费量

Fig.3 Annual household food consumption of various categories in rural areas in different regions

3.2 食物消费的生态足迹

2018 年“一江两河”农区居民家庭食物消费的人均生态足迹为 0.53 hm^2 ,其中日喀则最高,达 0.63 hm^2 ,拉萨 (0.50 hm^2) 和山南 (0.49 hm^2) 相当(图 5)。区域生态足迹总量达 41.41 万 hm^2 ,日喀则、拉萨和山南三地分别为 20.33 万 hm^2 、 13.70 万 hm^2 和 7.38 万 hm^2 ;其中,动物性食物的生态足迹为 24.06 万 hm^2 (58.1%),是植物性食物生态足迹的 1.39 倍 (17.35 万 hm^2 , 41.9%);按照土地类型划分,食物消费的直接生态足迹占比 55.6% ,为 23.02 万 hm^2 ,主要来自耕地 (61.2% , 14.09 万 hm^2),其次为草地 (8.81 万 hm^2)、林地 (0.12 万 hm^2),间接生态足迹为 18.39 万 hm^2 (图 5、图 6)。

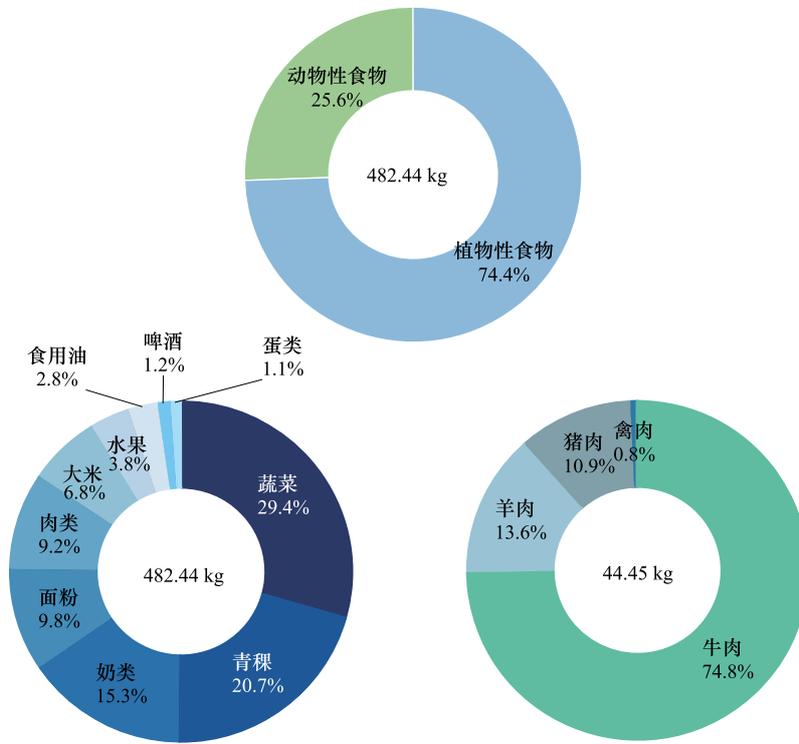


图 4 各类食物家庭人均消费占比

Fig.4 Percentage of per capita household food consumption of various categories

从不同食物种类来看,生态足迹总量中占比最大的是肉类,达到 21.15 万 hm^2 (51.1%),其次是青稞(8.37 万 hm^2 , 20.2%) 和面粉 (2.71 万 hm^2 , 6.5%); 肉类生态足迹中牛肉占 64.2% (13.58 万 hm^2), 其次是羊肉 (28.1%, 5.93 万 hm^2), 而猪肉、禽肉的占比少; 粮食的生态足迹共 12.21 万 hm^2 , 其中大米较少 (1.14 万 hm^2); 蛋类、水果和啤酒的生态足迹占比均不足 2% (图 5、图 6)。从食物生态足迹的地理分布来看, 69.2% 为西藏本地, 外省中以甘肃 (9.2%)、青海 (8.0%) 和新疆 (5.2%) 居多 (图 6)。

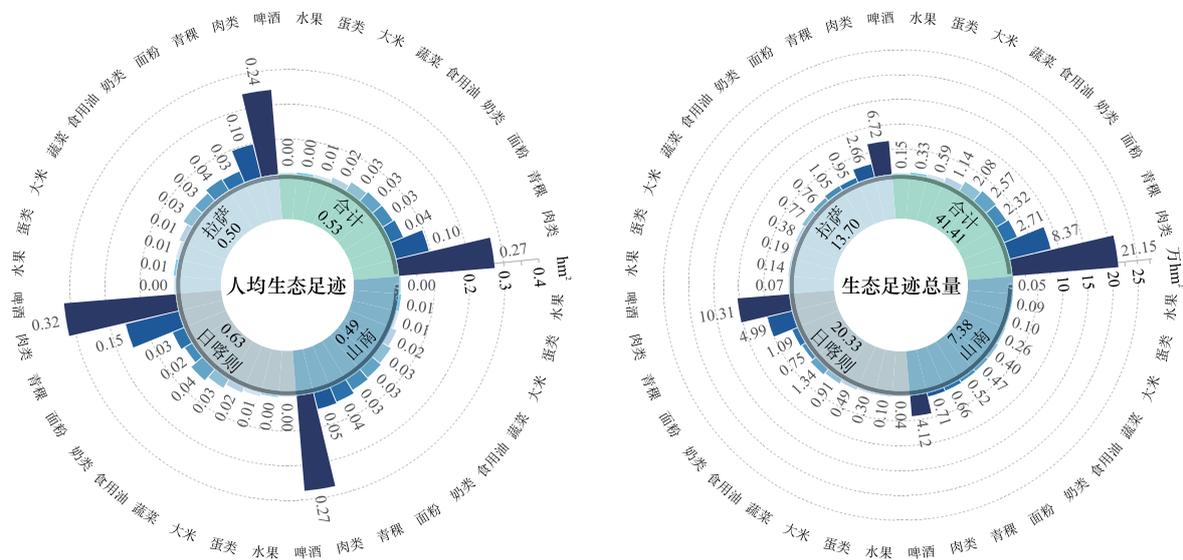


图 5 不同地区农区家庭各类食物消费的生态足迹

Fig.5 Ecological footprint of household food consumption of various categories in rural areas in different regions

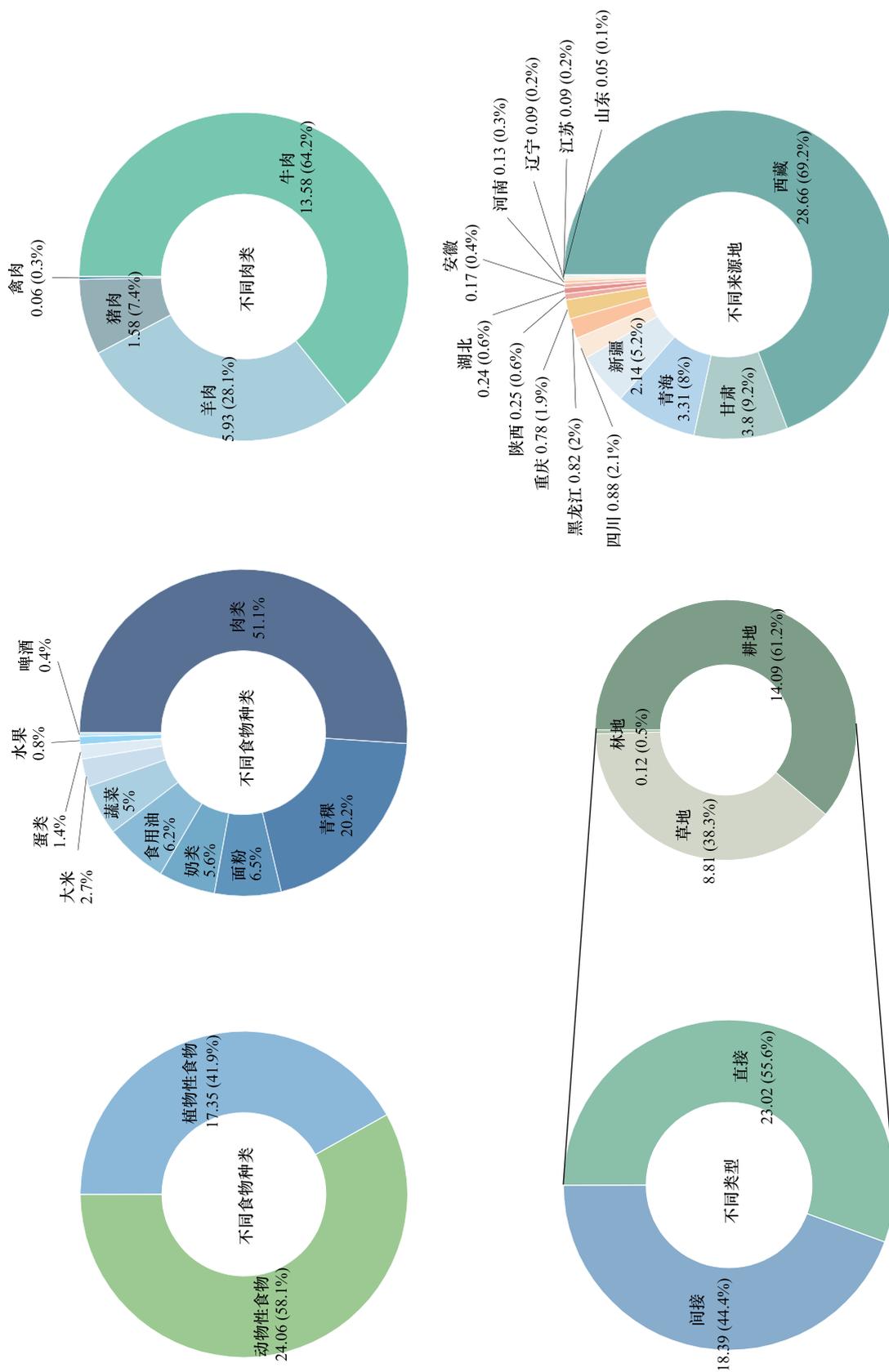


图6 各类食物和不同类型生态足迹占比
Fig.6 Percentage of ecological footprint by food category and classification

4 讨论

“一江两河”农区居民饮食结构呈现明显的地域特色,青稞是当地居民的主要粮食品种,同时奶类和肉类的消费量也相对较高,肉类消费中,牛羊肉占比最高,这与当地的种植养殖结构直接相关。研究区居民家庭植物性食物消费量是动物性食物消费量的 2.91 倍,略高于我国北方牧区(2.38 倍)^[64],但显著低于我国传统农区山东省(7.17 倍)^[16];同时动物性食物消费占比(25.6%)明显高于赤峰(11.8%)和鄂尔多斯(18.8%),而粮食占比(37.3%)低于赤峰(53.3%)和鄂尔多斯(50.3%),蔬果占比(33.2%)略高于赤峰(31.6%),是鄂尔多斯(23.9%)的 1.39 倍^[10]。各地饮食结构出现明显差异主要存在三方面的原因:一是收入水平的不同,2020 年我国东部地区农村居民人均可支配收入是西部地区的 1.51 倍,已有研究表明收入显著影响居民食物来源和消费品种^[65-66];二是饮食文化不同,西藏居民长期以来喜好食用牛羊肉和奶类等动物性食物,饮食文化与习惯促使当地消费量高于传统农区;三是农业产业结构不同,西藏的畜牧业占农林牧渔总产值的比重(51.3%)高于农业(44.5%)^[67],而传统农区山东省则以种植业为主。“一江两河”农区居民家庭食物消费的人均生态足迹(0.53 hm²)高于中国农村居民水平(2006 年,0.12 hm²)^[57]和西藏全区居民水平(2019 年,0.31 hm²)^[68],低于全国居民食物消费人均生态足迹的 0.62 hm²(2013 年)^[14]。不同核算结果反映了不同时期、地区和城乡间的饮食差异,同时由于生态足迹核算中关键参数选取、生产力选择标准、研究食物种类不同,造成不同研究结果可能相差较大。这也启示领域内亟需建立统一的、广为接纳的标准方法框架,以助推生态足迹方法的推广和应用。

对比研究区以自产自足为主的农区居民与以市场采购为主的城镇居民的家庭食物消费情况^[69](图 7),发现城镇居民的肉类、食用油、啤酒和蛋类人均消费量高于农区居民,但粮食、蔬菜和奶类人均消费量低于农区居民。从食物消费结构来看,农区居民主要食用牛肉,其次为羊肉、猪肉,禽肉消费量较少;牛肉也是城镇居民肉类的主要消费品种,但消费量仅次于猪肉,禽肉消费量也明显高于农区。城镇与农区居民的人均粮食消费量均高于《中国居民平衡膳食宝塔 2022》^[70]推荐的消费量(每日 200—300 g,即全年 73—109.5 kg);肉类消费量均超标(每日 40—75 g,即全年 14.6—27.38 kg);农区居民的人均蔬菜消费量达到膳食指南的推荐要求(每日不少于 300 g,即全年 109.5 kg),但城镇居民未达标。值得注意的是,根据团队调研,居民在肉类和蔬菜的消费中存在严重的季节性不均衡和节日性的超高消费,虽然居民全年食物消费的平均水平可能符合膳食指南的要求,但季节性的饮食习惯(如夏季蔬菜消费高但冬季食用蔬菜品种单一且数量较少)和节日性的饮食习惯(如节日期间高肉类消费但日常肉类消费少)可能导致长期的营养不均衡。这种不均衡主要表现在维生素和矿物质的缺乏,或者某些营养素的阶段性过量摄入,进而引发系列健康问题^[71]。核算城镇居民食物消费总量约为农区的 59.9%(22.12 万 t),生态足迹总量为 32.64 万 hm²,得出全区居民食物消费生态足迹(74.05 万 hm²)是“一江两河”所在三市耕地面积的 4.43 倍^[72]。

“一江两河”农区居民家庭食物消费占用的生态足迹中有 30.8%来自外省,以甘肃(9.2%)、青海(8.0%)和新疆(5.2%)居多。甘肃、青海的草地均衡因子(0.94、0.81)优于全国平均水平(0.44),表明其具有发展畜牧业的潜力;同时,新疆的耕地均衡因子(2.25)和林地的均衡因子(2.36)均远高于全国平均水平(耕地 1.71,林地 1.41),表明其种植业发展具有优势^[58]。这些区域的农业特性对于供应“一江两河”地区所需的农产品具有重要意义,不仅能在一定程度上补偿西藏地区在种植业方面的相对不足,同时能有效利用各区域农业优势。这种区域间的互补性对于优化资源配置、促进区域经济发展具有重要意义。但不可忽略的是农产品的生产和运输过程会消耗大量的水、土地资源和能源,同时产生温室气体^[34],因此,“一江两河”农区居民的食物消费也对周边省份造成资源消耗压力和环境影响。

5 结论与展望

5.1 结论

本文立足青藏高原绿色发展和乡村振兴战略背景,基于实地入户的一手调查数据,对青藏高原“一江两

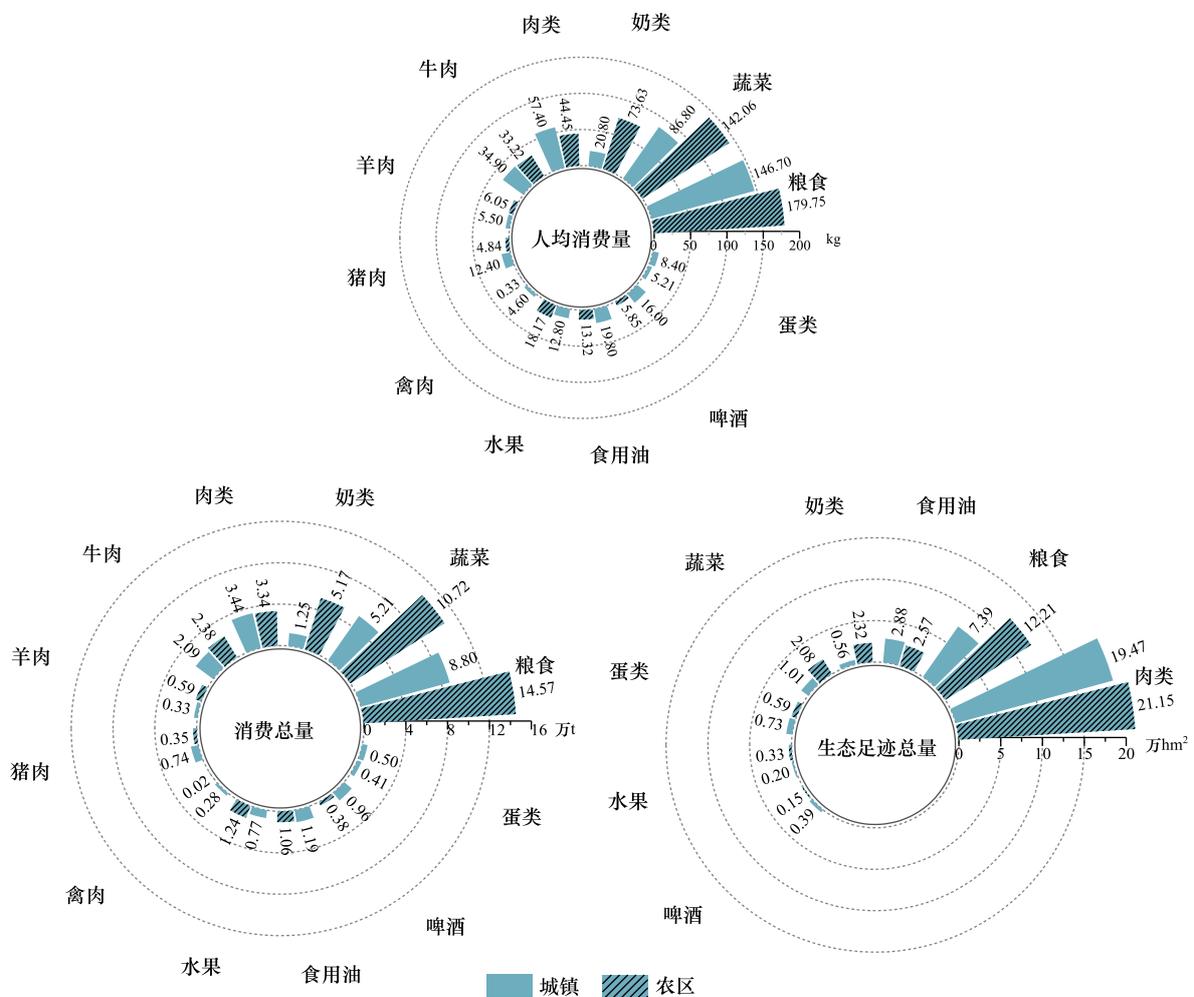


图7 农区和城镇居民家庭食物消费量及其生态足迹对比

Fig.7 Comparison of household food consumption and its ecological footprint between rural and urban residents

农区数据为调研所得,城镇数据来源于《中国统计年鉴2019》^[69]

河”农区居民家庭食物消费及其资源环境效应进行核算,得出以下结论:

(1) 2018年农区居民家庭人均食物消费量为482.44 kg,其中,植物性食物消费量占比74.4%,约是动物性食物(25.6%)的2.91倍;蔬菜消费占比最高(29.4%),其次是青稞(20.7%)和奶类(15.3%);肉类消费以牛羊肉为主(88.4%),呈现出显著的地域特色。全区全年食物消费总量为36.90万t。

(2) 全年食物消费的人均生态足迹为0.53 hm²,生态足迹总量达41.41万hm²,是“一江两河”三市耕地面积的2.48倍^[72]。其中直接生态足迹占比55.6%(23.02万hm²),略高于间接生态足迹(18.39万hm²);动物性食物的生态足迹(24.06万hm²,58.1%)是植物性食物的1.39倍(17.35万hm²,41.9%);肉类的生态足迹占比最高为(21.15万hm²,51.1%),以牛肉为主(64.2%)。

(3) 食物消费的生态足迹中,69.2%来自西藏本地,外省中以甘肃(9.2%)、青海(8.0%)和新疆(5.2%)三地居多。

5.2 展望

西藏地区作为中国独特的农业地理单元,具有明显的区域特色、民族特色与文化特色^[73]。随着西藏农区居民饮食结构的转变,研究其在新时期的食物消费及其生态足迹可以为缓解区域资源环境压力和优化资源配置提出针对性对策建议。根据本研究结论,提出以下建议:

(1) 充分利用林草优势,发展畜牧业和林业。西藏农区普遍饲养牲畜牛羊,应坚持生产生态有机结合的

发展战略,积极鼓励农牧民走种草养畜促增收的道路,提升饲草料供给保障能力,缓解天然草地放牧压力,促进草食畜牧业高质量发展和农牧民持续增收。对于西藏本地不适宜种植且供应不足的蔬菜、水果、粮食等应当注意与周边区域的优势互补。

(2) 倡导在满足营养和健康的条件下平衡饮食结构。西藏农区居民饮食主要以高碳水化合物的粮食(如青稞、小麦)和蔬菜为主,辅以奶类和肉类(以牛肉为主),结构较为单一,区域特征明显,这与当地的高寒气候和传统饮食风俗有较大关系。当地居民应增加日常饮食多样性,适当减少主食消费,增加蛋类、水果消费,特别是增加水产品、豆类、坚果等食物的摄入。坚持生态消费理念,在保留当地饮食风俗的同时,注意营养均衡,同时避免过度消费,减少对自然资本的消耗。

(3) 优化农村地区食物供应体系。农村地区相对城镇交通不便,农区居民购买食物渠道更为单一和有限,因此建议扩大农产品的采购途径,增强市场可达性,以保障农村地区全年多样化食物的持续供给。

参考文献(References):

- [1] Ivanovich C C, Sun T Y, Gordon D R, Ocko I B. Future warming from global food consumption. *Nature Climate Change*, 2023, 13: 297-302.
- [2] Li Y X, Zhong H L, Shan Y L, Hang Y, Wang D, Zhou Y N, Hubacek K. Changes in global food consumption increase GHG emissions despite efficiency gains along global supply chains. *Nature Food*, 2023, 4: 483-495.
- [3] Ishangulyev R, Kim S, Lee S H. Understanding food loss and waste-why are we losing and wasting food? *Foods*, 2019, 8(8): 297.
- [4] Xue L, Liu X J, Lu S J, Cheng G Y, Hu Y C, Liu J G, Dou Z X, Cheng S K, Liu G. China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts. *Nature Food*, 2021, 2(7): 519-528.
- [5] Schneider K R, Fanzo J, Haddad L, Herrero M, Moncayo J R, Herforth A, Remans R, Guarin A, Resnick D, Covic N, Béné C, Cattaneo A, Aburto N, Ambikapathi R, Aytekin D, Barquera S, Battersby J, Beal T, Molina P B, Cafiero C, Campeau C, Caron P, Conforti P, Damerau K, Di Girolamo M, DeClerck F, Dewi D, Elouafi I, Fabi C, Foley P, Frazier T J, Gephart J, Golden C, Fischer C G, Hendriks S, Honorati M, Huang J, Kennedy G, Laar A, Lal R, Lidder P, Loken B, Marshall Q, Masuda Y J, McLaren R, Miachon L, Muoz H, Nordhagen S, Qayyum N, Saisana M, Suhardiman D, Sumaila U R, Cullen M T, Tubiello F N, Vivero-Pol J L, Webb P, Wiebe K. The state of food systems worldwide in the countdown to 2030. *Nature Food*, 2023, 4(12): 1090-1110.
- [6] Hayek M. An expansive framework to monitor food systems. *Nature Food*, 2023, 4: 1033-1034.
- [7] Giller K E, Delaune T, Silva J V, Descheemaeker K, van de Ven G, Schut A G T, van Wijk M, Hammond J, Hochman Z, Taulya G, Chikowo R, Narayanan S, Kishore A, Bresciani F, Teixeira H M, Andersson J A, van Ittersum M K. The future of farming: who will produce our food? *Food Security*, 2021, 13(5): 1073-1099.
- [8] Beyene S D. The impact of food insecurity on health outcomes: empirical evidence from sub-Saharan African countries. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 338.
- [9] Weinzettel J, Wood R. Global environmental footprint of food. *Nature Food*, 2023, 4: 543-544.
- [10] 刘业轩, 甄霖, 胡云锋. 北方农牧交错带农村居民食物消费特征. *生态学报*, 2023, 43(15): 6117-6130.
- [11] Kant A K. Dietary patterns and health outcomes. *Journal of the American Dietetic Association*, 2004, 104(4): 615-635.
- [12] Kastner T, Rivas M J I, Koch W, Nonhebel S. Global changes in diets and the consequences for land requirements for food. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(18): 6868-6872.
- [13] Miller V, Reedy J, Cudhea F, Zhang J Y, Shi P L, Erndt-Marino J, Coates J, Micha R, Webb P, Mozaffarian D, Database G D. Global, regional, and national consumption of animal-source foods between 1990 and 2018: findings from the Global Dietary Database. *The Lancet Planetary Health*, 2022, 6(3): e243-e256.
- [14] 林永钦, 齐维孩, 祝琴. 基于生态足迹的中国可持续食物消费模式. *自然资源学报*, 2019, 34(2): 338-347.
- [15] 陈晨, 程林, 韩红珠. 北方边疆民族地区居民家庭食物消费特征的变迁: 基于内蒙古达茂旗的入户跟踪调查. *中国食物与营养*, 2023, 29(10): 45-51.
- [16] 李云云, 王灵恩, 刘晓洁, 成升魁. 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.
- [17] Beardsworth A, Bryman A, Keil T, Goode J, Haslam C, Lancashire E. Women, men and food: the significance of gender for nutritional attitudes and choices. *British Food Journal*, 2002, 104(7): 470-491.
- [18] Imamura F, Micha R, Khatibzadeh S, Fahimi S, Shi P L, Powles J, Mozaffarian D, Global Burden of Diseases Nutrition and Chronic Diseases Expert Group. Dietary quality among men and women in 187 countries in 1990 and 2010: a systematic assessment. *The Lancet Global Health*,

- 2015, 3(3): e132-e142.
- [19] Hanson K L, Connor L M. Food insecurity and dietary quality in US adults and children: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2014, 100(2): 684-692.
- [20] Tripicchio G L, Croce C M, Coffman D L, Pettinato C, Fisher J O. Age-related differences in eating location, food source location, and timing of snack intake among U.S. children 1-19 years. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2023, 20(1): 90.
- [21] 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.
- [22] Li Y Y, Filimonau V, Wang L E, Cheng S K. Tourist food consumption and its arable land requirements in a popular tourist destination. *Resources, Conservation and Recycling*, 2020, 153: 104587.
- [23] Souza R V, Sarmiento R A, de Almeida J C, Canuto R. The effect of shift work on eating habits: a systematic review. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 2019, 45(1): 7-21.
- [24] Kearney J. Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 2010, 365: 2793-2807.
- [25] Springmann M, Wiebe K, Mason-D'Croz D, Sulser T B, Rayner M, Scarborough P. Health and nutritional aspects of sustainable diet strategies and their association with environmental impacts: a global modelling analysis with country-level detail. *The Lancet Planetary Health*, 2018, 2(10): e451-e461.
- [26] Sun M X, Chen G W, Xu X B, Zhang L X, Hubacek K, Wang Y T. Reducing carbon footprint inequality of household consumption in rural areas: analysis from five representative provinces in China. *Environmental Science & Technology*, 2021, 55(17): 11511-11520.
- [27] Wang L E, Xue L, Li Y Y, Liu X J, Cheng S K, Liu G. Horeca food waste and its ecological footprint in Lhasa, Tibet, China. *Resources, Conservation and Recycling*, 2018, 136: 1-8.
- [28] 王灵恩, 成升魁, 钟林生, 刘晓洁, 高利伟, 曹晓昌. 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.
- [29] Mak A H N, Lumbers M, Eves A, Chang R C Y. Factors influencing tourist food consumption. *International Journal of Hospitality Management*, 2012, 31(3): 928-936.
- [30] Degarege G A, Lovelock B. Addressing zero-hunger through tourism? Food security outcomes from two tourism destinations in rural Ethiopia. *Tourism Management Perspectives*, 2021, 39: 100842.
- [31] Chenarides L, Grebitus C, Lusk J L, Printezis I. Food consumption behavior during the COVID-19 pandemic. *Agribusiness*, 2021, 37(1): 44-81.
- [32] Janssen M, Chang B P I, Hristov H, Pravst I, Profeta A, Millard J. Changes in food consumption during the COVID-19 pandemic: analysis of consumer survey data from the first lockdown period in Denmark, Germany, and Slovenia. *Frontiers in Nutrition*, 2021, 8: 635859.
- [33] Wang X Z, Dou Z X, Feng S, Zhang Y, Ma L, Zou C Q, Bai Z H, Lakshmanan P, Shi X J, Liu D Y, Zhang W, Deng Y, Zhang W S, Chen X J, Zhang F S, Chen X P. Global food nutrients analysis reveals alarming gaps and daunting challenges. *Nature Food*, 2023, 4: 1007-1017.
- [34] Aleksandrowicz L, Green R, Joy E J M, Smith P, Haines A. The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: a systematic review. *PLoS One*, 2016, 11(11): e0165797.
- [35] Nijdam D, Rood T, Westhoek H. The price of protein: review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy*, 2012, 37(6): 760-770.
- [36] Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort B L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(50): 20260-20264.
- [37] Tilman D, Clark M. Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*, 2014, 515: 518-522.
- [38] Perignon M, Vieux F, Soler L G, Masset G, Darmon N. Improving diet sustainability through evolution of food choices: review of epidemiological studies on the environmental impact of diets. *Nutrition Reviews*, 2017, 75(1): 2-17.
- [39] Hallström E, Carlsson-Kanyama A, Börjesson P. Environmental impact of dietary change: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 2015, 91: 1-11.
- [40] Whitmee S, Haines A, Beyrer C, Boltz F, Capon A G, de Souza Dias B F, Ezeh A, Frumkin H, Gong P, Head P, Horton R, Mace G M, Marten R, Myers S S, Nishtar S, Osofsky S A, Pattanayak S K, Pongsiri M J, Romanelli C, Soucat A, Vega J, Yach D. Safeguarding human health in the Anthropocene epoch: report of The Rockefeller Foundation-Lancet Commission on planetary health. *Lancet*, 2015, 386(10007): 1973-2028.
- [41] Rööß E, Bajželj B, Smith P, Patel M, Little D, Garnett T. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 2017, 47: 1-12.
- [42] Westhoek H, Lesschen J P, Rood T, Wagner S, De Marco A, Murphy-Bokern D, Leip A, van Grinsven H, Sutton M A, Oenema O. Food choices, health and environment: effects of cutting Europe's meat and dairy intake. *Global Environmental Change*, 2014, 26: 196-205.
- [43] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张懿铨. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设. *地理学报*, 2012, 67(1): 3-12.
- [44] 张云霞, 汪仕美, 李焱, 高秉丽, 巩杰. 2000—2020年青藏高原生态质量时空变化. *生态学杂志*, 2023, 42(6): 1464-1473.

- [45] 段健,徐勇,孙晓一. 青藏高原粮食生产、消费及安全风险格局变化. 自然资源学报, 2019, 34(4): 673-688.
- [46] 王灵恩,郭嘉欣,冯凌,罗艳华,张宪洲,范玉枝,成升魁. 青藏高原“一江两河”农区居民食物消费结构与特征. 地理学报, 2021, 76(9): 2104-2117.
- [47] 赵彤彤,宋邦国,陈远生,闫慧敏,徐增让. 西藏一江两河地区人口分布与地形要素关系分析. 地球信息科学学报, 2017, 19(2): 225-237.
- [48] 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室, 中国人口普查分县资料. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [49] 拉萨市统计局, 国家统计局拉萨调查队. 拉萨市统计年鉴. 北京: 国家统计局, 2021.
- [50] 国家统计局农村社会经济调查司, 中国县域统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [51] 刘健,李祥妹,钟祥浩. 西藏自治区居民食品消费结构与粮食对策. 山地学报, 2004, 22(3): 286-291.
- [52] 高利伟,徐增让,成升魁,许世卫,张宪洲,余成群,孙维,武俊喜,曲云鹤,马杰. 西藏农村居民食物消费结构及膳食营养特征分析. 资源科学, 2017, 39(1): 168-174.
- [53] 日喀则市统计局, 2018 年日喀则市国民经济和社会发展统计公报. (2020-11-14) [2024-4-3]. <http://tjj.rikaze.gov.cn/news-detail.html?cid=42239>
- [54] 山南市统计局, 山南市 2018 年国民经济和社会发展统计公报. (2019-9-2) [2024-4-3]. http://tjj.shannan.gov.cn/tjxx_3248/tjgb/201909/t20190902_43257.html
- [55] Rees W E. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment*, 1996, 17(3): 195-215.
- [56] 高利伟,徐增让,成升魁,许世卫,张宪洲,余成群,孙维,武俊喜,曲云鹤,马杰. 农村居民食物消费结构对耕地需求的影响——以西藏“一江两河”流域为例. 自然资源学报, 2017, 32(1): 12-25.
- [57] 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.
- [58] 刘某承,李文华. 基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 401-406.
- [59] 曹淑艳,谢高地,陈文辉等. 中国主要农产品生产的生态足迹研究. 自然资源学报, 2014, 29(8): 1336-1344.
- [60] 刘晓宇,辛良杰. 中国生猪耗粮系数时空演变特征. 自然资源学报, 2021, 36(6): 1494-1504.
- [61] 曾懿婷,张忠明,王静香,赵跃龙. 中国粮食消费需求分析与展望. 农业展望, 2021, 17(7): 104-114.
- [62] 刘巽浩. 农作学. 北京: 中国农业大学出版社, 2005.
- [63] University of Michigan. GC1-Science of Sustainability. 2016-10-07 [2023-11-14]. https://globalchange.umich.edu/globalchange1/current/labs/Lab8_EcologicalFootprint/
- [64] 王灵恩,倪笑雯,徐舒静,李云云,苏洪文,石磊,成升魁. 北方牧区居民家庭食物消费结构与特征研究. 中国农业资源与区划, 2020, 41(7): 1-13.
- [65] French S A, Wall M, Mitchell N R. Household income differences in food sources and food items purchased. *International Journal Of Behavioral Nutrition And Physical Activity*, 2010, 7(77): 1-8.
- [66] Li Y Y, Filimonau V, Wang L E, Cheng, S K. Inter- and intra-annual changes in food consumption among rural households in East China. *Journal of Rural Studies*, 2022, 95: 109-124.
- [67] 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [68] 江卫华,张若冰,谭益兰. 西藏人口城镇化及其生态足迹分析. 边疆经济与文化, 2023(1): 9-16.
- [69] 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [70] 中国营养学会. 中国居民平衡膳食宝塔(2022). (2022-04-28) [2023-10-23]. <http://dg.cnsoc.org/article/04/RMAbPdrjQ6CGWTwmo62hQg.html>
- [71] Thiele S, Mensink G B M, Beitz R. Determinants of diet quality. *Public Health Nutrition*, 2004, 7(1): 29-37.
- [72] 国家统计局. 西藏统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2019.
- [73] 余成群,钟志明. 西藏农牧业转型发展的战略取向及其路径抉择. 中国科学院院刊, 2015, 30(3): 313-321.