

基于膳食营养需求的西藏县域土地资源承载力评价

王 玮^{1,2}, 闫慧敏^{2,3}, 杨艳昭^{2,3}, 杜文鹏^{2,3}

(1. 长安大学地球科学与资源学院, 西安 710054; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:“食物营养安全”是“食物安全”的重要组成,而当前单纯以“粮食”作为土地资源承载力的评价指标只能反映部分承载能力,从膳食营养角度评估更切合其实际土地资源承载状况。以供给与需求的动态平衡为基本思路,选取热量和蛋白质为关键参量构建土地资源承载力(LCC)测算与土地资源承载指数(LCCI)评价模型,对2015年西藏自治区县域土地资源承载力与土地资源承载状况进行定量评价,以期为实现西藏地区居民热量与蛋白质供需平衡对策提供科学依据,同时也为该区域居民营养需求的变化、机理及对策研究奠定基础。结果表明:(1)西藏县域尺度下土地资源承载力总体呈盈余状态,位于西藏东南部的“一江两河”流域县域土地资源承载力高,而位于西北部的那曲和阿里等地区县域土地资源承载力相对较低。(2)根据以当前热量和蛋白质实际消耗量为依据对土地承载力的评价结果,农区县、半农半牧区县和牧区县基于蛋白质需求的土地承载力比基于热量需求的承载力分别多8.83%、22.51%和67.78%,其中有13个牧区县和半农半牧区县以热量指标判断为超载状态,但以蛋白质指标判断却未超载,其原因在于牧区县和农牧区县动物性食物供给比例高,食物蛋白质供给能力相较热量供给能力更强。(3)若按照居民膳食宝塔推荐的人均热量和蛋白质摄入量标准,农区县、半农半牧区县和牧区县基于热量和蛋白质需求的土地资源承载力较实际营养摄入量下的承载力可分别多承载35.22%和12.5%的人口。评估结果体现了实际消耗和膳食标准情景下以及不同营养指标之间各县域承载力及承载状态的差异,可为通过调整人口结构、膳食结构等措施寻求提升区域人粮平衡水平和居民膳食营养水平对策提供依据。

关键词: 西藏;膳食营养需求;食物供给;食物消耗;土地资源承载力

粮食安全是国家安全战略的基础,是实现经济持续发展的重要保障^[1]。而随着社会经济的发展,土地、粮食与人口之间的矛盾日益加剧,作为人类赖以生存和发展的土地资源,其生产能力与人类粮食需求能否平衡逐渐成为关注的热点^[2]。土地资源承载力研究始于20世纪初, Park 等^[3]在1921年首次提出了土地承载力概念,以探究现有土地可承载多少人口。1965年 William^[4]提出以粮食为标志,旨在计算区域传统农业生产所提供的粮食能够养活多少人口。国外有影响力的还包括澳大利亚和FAO的土地承载力研究,澳大利亚科学工作者在1973年采用多目标决策分析法,从各种资源对人类发展的限制角度出发,讨论了该国的土地承载力^[5]; FAO从1977年开始着力研究发展中国家土地资源的人口承载力,按人对粮食需求,得出了每公顷土地所能承载的人口^[6]。封志明等^[7]、刘东等^[8]分别在

收稿日期: 2018-12-01; 修订日期: 2019-03-31

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA20010202); 西藏重大科技专项(Z2016C01G01)

作者简介: 王玮(1993-), 男, 陕西宝鸡人, 硕士, 主要从事资源环境承载力研究。E-mail: ww1630619@163.com

通讯作者: 闫慧敏(1974-), 女, 内蒙古锡林郭勒盟人, 博士, 副研究员, 主要从事自然资源理论及方法研究。

E-mail: yanhm@igsnrr.ac.cn

2008年、2011年都以粮食为判据,基于人口与粮食的关系,从分县尺度对1980-2005年中国土地资源承载力空间格局进行探究后得出,中国粮食盈余县域增加,人口超载县域减少,人粮关系总体趋于平衡,进而这类研究就成为土地承载力研究一直延续。

基于粮食的土地承载力评价虽一直受到重视^[9],但仅仅通过粮食指标去衡量承载力会因为特殊地区食物产出的单一性和当前食物消费种类的多元化而有一定的局限性。一方面,像有牧区和林区分布、粮食产量少或不产粮食的地区,人们只能以其他途径获取能量,若仅仅使用粮食单一指标来评价土地承载力,不能完全反映其真实承载状况^[10];另一方面,随着人们生活水平不断提高,膳食营养水平日益改善,居民食物消费结构趋向多样化,以粮食为主的食物结构开始改观,食物也从粮食扩展到蔬菜水果类、肉蛋奶类等^[11]。因此,单纯基于粮食产量的土地承载力研究已不能客观反映不同国家或地区土地资源的承载状况,因而使用更加综合的指标来弥补土地承载资源力评价指标单一的问题变得迫切。当前人口增长、饮食变化正在给全球粮食系统带来前所未有的压力,这种需求依靠扩大农业用地来满足很有限,但膳食结构的调整能极大地缓解压力。故使用基于卡路里的方法核算国内(国家级)作物生产受到限制的全球承载能力,为土地承载力的核算提供了新的思路^[12]。食物消费与膳食营养水平,一般是通过热量、蛋白质等指标来衡量^[13],由于不同食物的营养供给能力不同^[14],为统一量纲,把不同物质折算成热量、蛋白质,以增强承载力研究的纵向或横向可比性。

西藏地区是我国独特的农牧业结合的农业地理单元,其生态环境脆弱且农业生产水平较低,地理环境和自然资源禀赋决定了其自身食物生产和消费之间必然存在着结构失衡的问题。2010年,西藏地区主要粮食产量为85.09万t,主要粮食消费总量为88.81万t,其中本地粮食消费约占六成,故居民多样化的食物消费仅仅依靠本地粮食供应无法满足^[15]。以人粮关系为基础的西藏土地资源承载力的研究对于膳食结构调整以及西藏地区粮食安全和可持续发展具有重要现实意义。本研究基于供给与需求的动态平衡,以人口与粮食关系为基础,选取热量和蛋白质为评价指标,进而通过认识当前西藏居民食物膳食营养结构,明确其与膳食宝塔两者在食物消耗结构方面之间的差异;基于现实食物消费结构与膳食营养均衡标准,围绕热量与蛋白质两个居民生活的基础营养需求,通过构建土地资源承载力(LCC)与土地资源承载指数(LCCI)两个模型评价在当前饮食结构和营养均衡的情景下西藏74个县(区)的土地资源承载力,进而掌握区域土地承载能力、状态及其空间格局,以期为首先实现西藏地区居民热量与蛋白质供需平衡对策提供科学依据,同时也为该区域居民营养需求的变化、机理及对策研究奠定基础。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

西藏自治区地处我国西南边疆,平均海拔4000 m以上,地貌复杂多样。西藏是一个以牧、农业为主的地区,其农牧业结构单一,种植业以粮食作物(如青稞)为主,畜牧业以放牧为主^[16],其土地利用类型如图1所示。2015年西藏人口有314.53万人,密度只有全国人口密度的六十分之一,是全国人口密度最小的省区^[17]。受长期高寒气候及地形条件的影响,西藏与外界交流较少,物质匮乏,经济发展水平低,居民饮食结构单一。其中在粮食方面,近年西藏人均粮食占有量仅为300 kg左右,而全国年人均粮食占有量

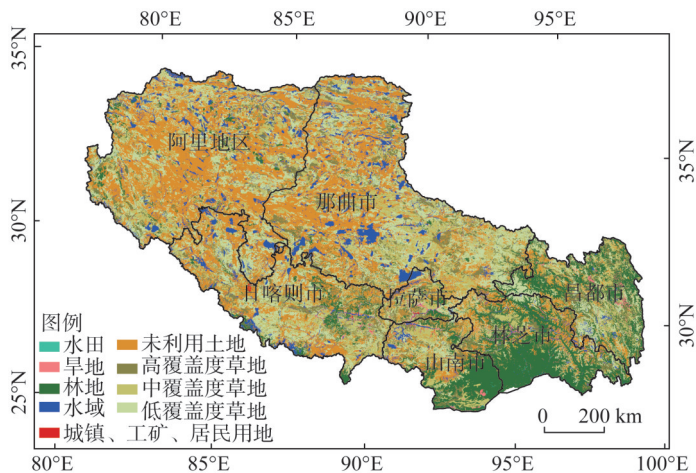


图1 2015年西藏自治区土地利用图

Fig. 1 Land use map of Tibet in 2015

接近 400 kg, 远低于全国水平^[18]; 同时西藏地区居民肉类消费较高, 主要以牛肉为主、羊肉为辅, 而其他食物种类如蛋类、豆制品、蔬菜水果等需求都明显不足^[19]。

1.2 数据来源

文中食物(谷薯类作物、蔬菜水果类、肉蛋奶类、油脂)营养含量数据来源于《中国食物成分表 2009》^[20]; 西藏城镇农村居民食物消费情况以及各县域谷薯类、蔬菜水果类、肉蛋奶类及油菜类产量均来源于 2015 年《西藏统计年鉴》; 居民推荐营养膳食标准来源于《中国居民膳食指南 2016》^[21]。

1.3 研究方法

基于资源供给与消耗的动态平衡, 以人口与粮食关系为基础, 为掌握当地土地资源的承载能力, 本文重点分析本地土地资源产出的供给能力及当地居民生活的基本需求, 故供给数据为该地区的各类型食物产量数据, 消耗数据为居民人均消费数据。选取 2015 年谷薯类作物、蔬菜水果类、肉蛋奶类、油菜类产量为供给指标, 热量和蛋白质为消耗指标, 构建了土地资源承载力(LCC)与土地资源承载指数(LCCI)两个模型。

1.3.1 土地资源承载力(LCC)模型

土地资源承载力反映的是区域人口与粮食的关系, 可以用一定食物消费水平下, 区域食物的生产力所能供养的人口规模来度量^[22], 以公式表示为:

$$LCC = \frac{G}{G_{pc}} \quad (1)$$

式中: LCC 为土地资源承载力(人); G 为地区食物总产量(kg), 采用西藏 2015 年各县域食物所能供给的热量或蛋白质总和; G_{pc} 为人均食物消费标准(kg/人), 即人均热量或蛋白质摄入量。其中:

(1) 食物热量和蛋白质供给(G)

农田和草地系统是陆地生态系统中重要且广泛分布的生态系统, 也是人类食物的重要供给来源^[12], 本研究中的食物不单单指狭义上农田系统中的谷物类、薯类等粮食作物和油料作物, 还包括草地系统中能为人类生存所需提供营养成分的其他作物, 如肉类、奶类、蛋类等。依据 2015 年《西藏自治区统计年鉴》, 分县域统计谷薯类作物、油菜、

肉蛋奶类、蔬菜水果的产量，按《中国食物成分表》中主要食物营养含量标准（表1），将食物折合成能提供的热量及蛋白质总和*G*。

表 1 主要食物营养含量（指 100 g 可食部食品中的含量）
Table 1 The main food nutrient content (refers to 100 g edible food content)

食物类型	谷薯类	蔬菜	肉类	奶类	蛋类	菜籽油
热量/kcal	339	21	241	54	144	899
蛋白质/g	8.1	0.9	18.1	3	13.3	0

(2) 人均营养消耗量（*G_{PC}*）

人均膳食营养摄入量因地域不同而有所差异，参照中国居民膳食营养协会推荐的人均营养摄入量标准可更直观更深层次地了解西藏居民食物消费结构。本文以西藏自治区城镇及农村居民人均实物量消费和居民推荐摄入量为基础，结合城镇农村人口结构比例，同时通过《中国食物成分表》中主要食物营养含量标准进行折算，确定了推荐摄入量标准和2015年西藏居民人均热量消耗量分别为3409 kcal/d、2521 kcal/d；人均蛋白质消耗量分别为64 g/d、72 g/d（表2）。

表 2 人均热量和蛋白质摄入量
Table 2 Per capita calorie and protein intake

营养类型	按推荐营养摄入量	西藏居民实际摄入量
热量/(kcal/d)	2521	3409
蛋白质/(g/d)	64	72

1.3.2 土地资源承载指数(LCCI)模型

为了更明确区域现实人口数量与土地资源承载力之间的关系，构建了土地资源承载指数（LCCI），从而表征了县域尺度下人口及承载能力之间的相互关系，LCCI计算公式如下：

$$LCCI=\frac{P_a}{LCC}$$
 (2)

式中：*LCCI*为土地资源人口承载指数；*P_a*为现实人口数量。根据*LCCI*的大小可以将区域土地资源人口承载力划分为盈余和超载两种类型。其中，盈余地区，*LCCI*低于1，食物平衡有余，具有一定的发展空间；超载地区，*LCCI*大于1，食物缺口较大，人口超载严重。根据盈余或超载的程度差异，可以将*LCCI*进一步划分为6个级别，如表3所示。

2 结果分析

2.1 热量与蛋白质供给

基于2015年西藏自治区各县域的农田和草地生态系统的谷薯类作物、肉类蛋类、奶类、油料及蔬果类产量，依据食物营养含量标准，计算出单位草地与农田面积上的食物营养供给量（图2a、图2b），结合西藏各县域人口数量得出人均营养拥有量

表 3 西藏自治区土地资源承载力分级评价标准

Table 3 Graded evaluation criteria of land resource carrying capacity in Tibet

类型	级别	<i>LCCI</i>
盈余	富富有余	$LCCI\leq 0.5$
	富裕	$0.5<LCCI\leq 0.75$
	平衡有余	$0.75<LCCI\leq 1$
超载	轻微超载	$1<LCCI\leq 1.25$
	过载	$1.25<LCCI\leq 1.5$
	严重超载	$LCCI>1.5$

(图2c、图2d)。由于西藏各县域作物产出结构存在显著差异,故将西藏74个县域行政单位分为牧区县(15个)、半农半牧区县(24个)和农区县(35个)三类,研究结果表明:

(1) 牧区县土地资源供给能力明显低于半农半牧区县和农区县,畜牧业产品产出占比超过90%,人均食物营养拥有量也处于三类县域中的最低水平:主要分布在藏北地区的15个牧区县的食物供给以肉类奶类动物性食品为主,谷薯类食物及蔬菜水果供给能力较低,其食物的热量和蛋白质平均供给量分别为2.92万 kcal/hm²和1.03 kg/hm²、人均热量和蛋白质拥有量分别为87.11万 kcal/人和30.73 kg/人。

(2) 半农半牧区县的食物供给以谷薯类食物为主、肉类为辅。食物热量和蛋白质平均供给量分别为14.78万 kcal/hm²和3.75 kg/hm²、人均热量和蛋白质拥有量分别为153.79万 kcal/人和39.10 kg/人。

(3) 农区县的土地资源供给能力和人均营养拥有量整体处于三类县域中的最高水平:主要位于“一江两河”流域的农区县域,谷薯类食物占到七成以上,食物热量和蛋白质平均供给量分别为44.21万 kcal/hm²和10.3 kg/hm²、人均热量和蛋白质拥有量分别为219.3万 kcal/人和50.77 kg/人。

2.2 居民热量与蛋白质消耗

参照《中国居民膳食指南2016》中提供的居民平衡膳食宝塔对比西藏居民食物消费结构图看,西藏居民食物消费结构仍然比较单一,谷薯类食物消费占比过高,肉类消费也略超推荐标准,而蔬菜水果类消费则严重不足。

居民平衡膳食宝塔共分5层(图3a),各类食物位置主要考虑的是其在膳食中的地位,

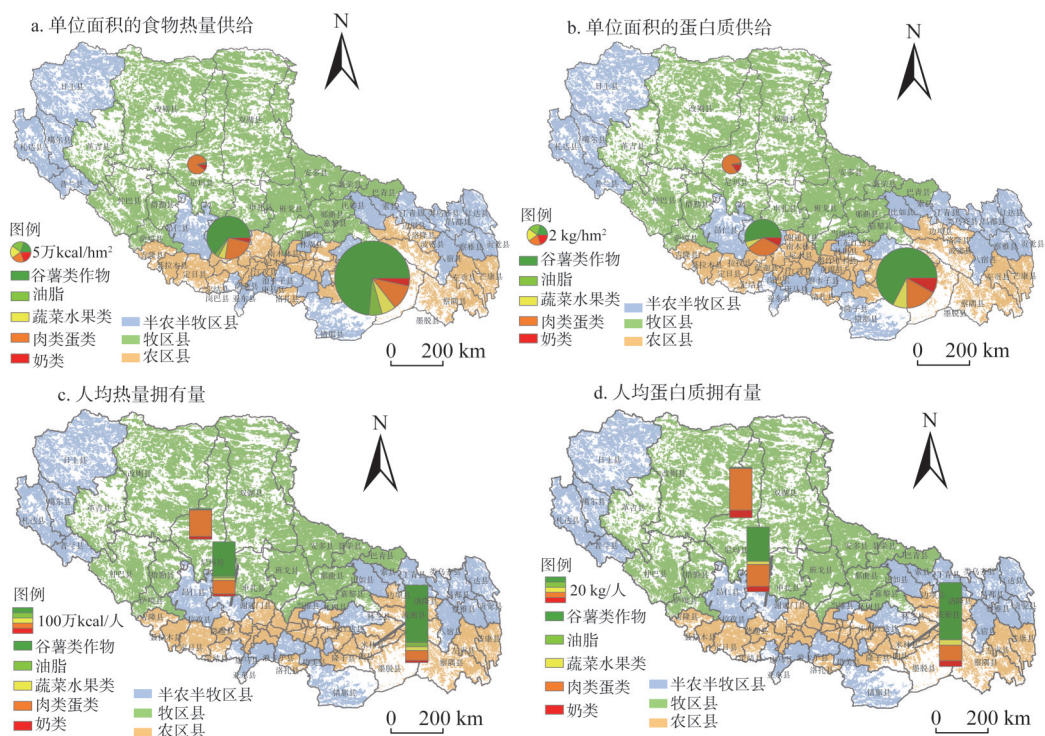


图2 各类县域食物营养供给与人均营养拥有量

Fig. 2 Food supply and per capita nutrient availability in counties of Tibet

各层中具体食物种类及其推荐人均摄入量为：第一层为谷薯类食物，包括小麦、青稞等谷薯类等，是膳食中能量的主要来源，每日推荐摄入量为 400 g；蔬菜水果类处于第二层，主要补充人体必需的无机盐和维生素，每日推荐摄入量为 850 g；处于第三层的肉类蛋类均为动物性食品，为人体提供脂肪、蛋白质等，每日推荐摄入量为 125 g；然后是奶制品，每日推荐摄入量为 300 g；处于宝塔最高层的油脂类是形成人体脂肪的主要来源，但过多食用会造成肥胖等其他多种危害，每日推荐摄入量约为 30 g。根据食物成分表折合后可得出居民平衡膳食宝塔推荐的人均热量和蛋白质摄入量分别是 3409 kcal/d、72 g/d（图 3c）。

而西藏自治区居民每天谷薯类、蔬果类、肉类蛋类、奶类和油类实际人均摄入量分别为：729 g、80 g、117 g、63 g、42 g（图 3b），故西藏居民实际人均热量和蛋白质消耗量为 2521 kcal/d、64 g/d（图 3d）。从消费结构看，谷薯类食物是西藏居民主要的营养来源，达到 729 g/d，远超居民消费标准推荐的 400 g/d，同时其能提供的热量和蛋白质分别为 2522 kcal/d 和 54 g/d，占西藏人均消耗量七成以上，但谷薯类食品摄入过多会影响其他食物的摄入量，且谷薯类中所含的蛋白质为非优质蛋白质，容易造成膳食不平衡；西藏居民肉类消费达到 109 g/d，超出标准约 30 g/d；蔬果类食物摄入明显不足，人均摄入量仅有 80 g/d，远低于居民膳食宝塔中推荐的人均 850 g/d，且其能提供的热量及蛋白质量均只有不到推荐的十分之一。

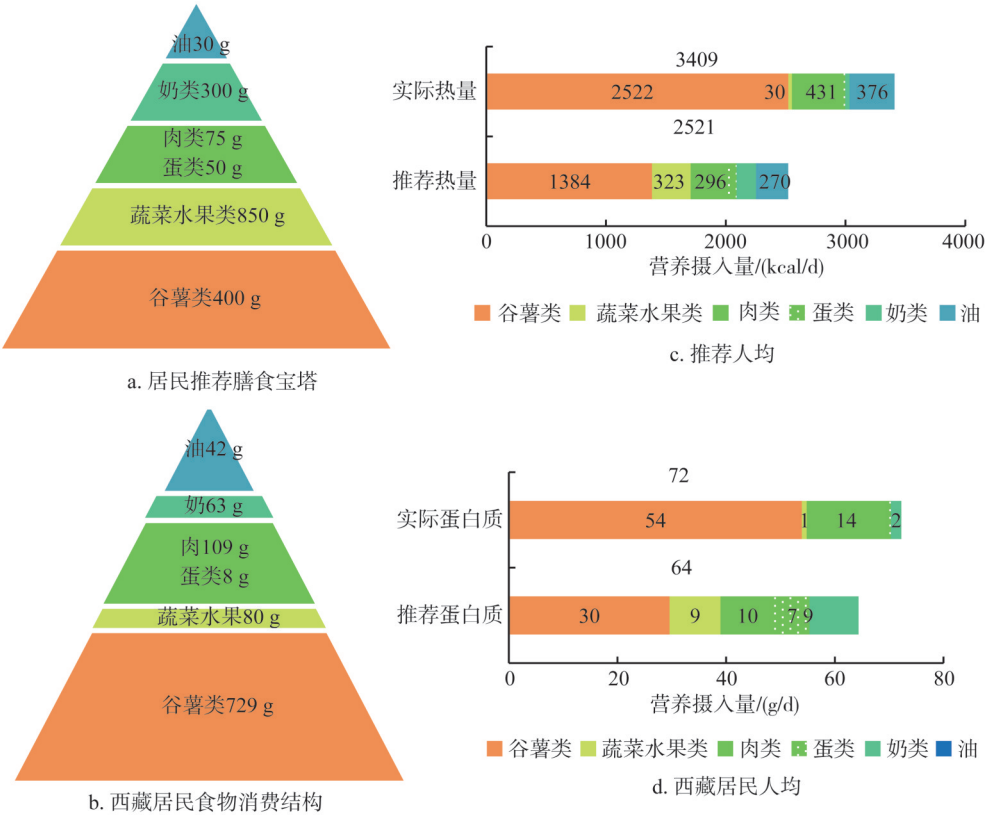


图3 膳食宝塔和西藏居民食物消费结构及其对应的人均营养摄入量

Fig. 3 Food consumption structure of dietary pagodas and Tibetan residents and their corresponding per capita caloric and protein intake

2.3 土地承载力与承载状态

将膳食宝塔推荐摄入的热量和蛋白量作为人均消耗标准（理论值），计算出西藏自治区县域土地承载力理论值；将西藏自治区居民实际摄入的热量和蛋白量作为人均消耗标准（实际值），计算出西藏自治区县域土地承载力实际值（图4）。

（1）西藏各类县域中，除牧区县整体在热量指标下土地资源承载状况为超载状态外，其余农区县、半农半牧区县整体均为盈余状态。其中，基于热量评价指标下，农区县和半农半牧区县仍有 107.48 万人和 23.19 万人的承载空间，基于蛋白质评价指标下，三类县域分别仍有 131.33 万人、50.65 万人和 8.52 万人的承载空间。

从县域数量上看，以热量为评价指标，土地资源承载状况为盈余的县域有 50 个，占西藏县域数量的 67.6%；而以蛋白质为评价指标，土地资源承载状况为盈余的县域有 63 个，则接近西藏县域数量的九成。从空间分布上看，以热量为评价指标，西藏东南部县域土地资源承载能力整体较强，西北部那曲、阿里地区的县域土地资源承载能力则普遍相对较弱；以蛋白质为评价指标，土地资源承载状况为盈余的县域不再像基于热量仅仅局限分布在西藏东南部地区，而是在西藏全域广泛分布，但蛋白质指标处于严重超载状态的县域仅在西藏西南部零星分布（图5）。

（2）从热量和蛋白质两个评价指标横向比较，西藏各类县域中，农区县、半农半牧

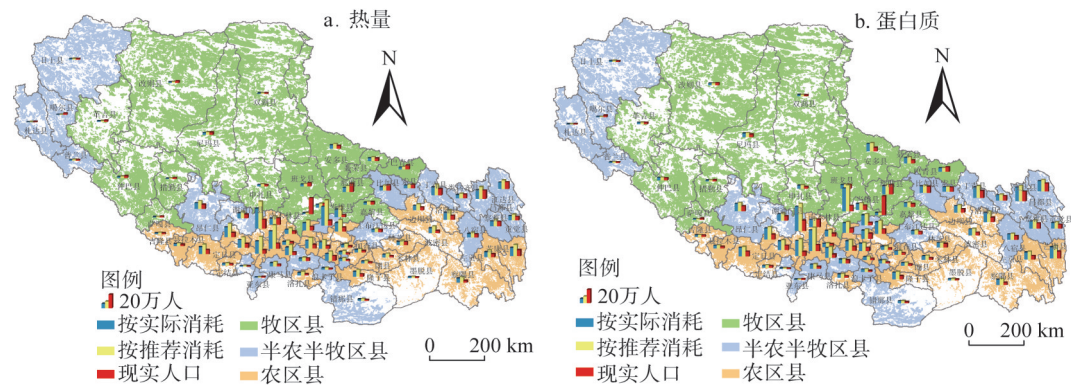


图4 基于热量和蛋白质需求的西藏县域土地资源承载力
Fig. 4 Carrying capacity of land resources in Tibet based on heat and protein demand

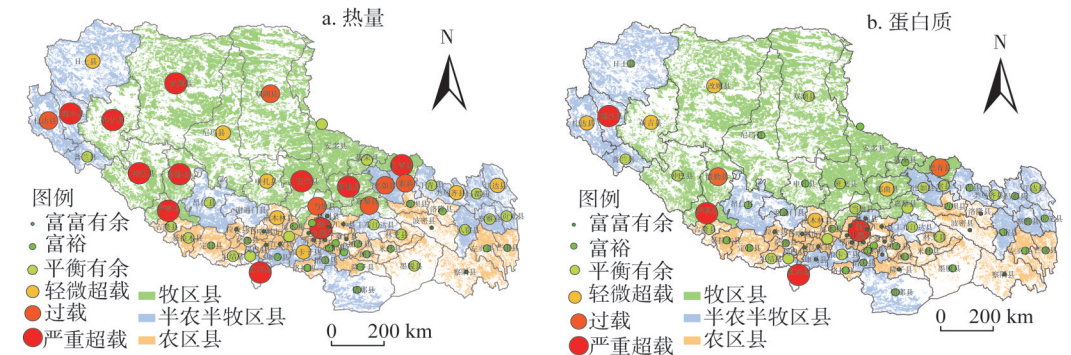


图5 基于热量和蛋白质需求的西藏县域土地资源承载状况
Fig. 5 Status of land resource carrying capacity in Tibet based on heat and protein demand

区县和牧区县基于蛋白质指标的承载力比基于热量指标的承载力分别多8.83%、22.51%和67.78%，两种评价指标下，牧区县的承载能力差距更大。从表4、图5可看出，基于蛋白质超载的县域数量共为11个，而基于热量超载的县域数量却有24个，其中有13个县区自身虽基于热量需求的土地资源承载状况超载；但基于蛋白质需求的土地承载状况下却未超载，包括江达县、类乌齐县、浪卡子县、比如县、索县、日土县6个半农半牧区县，以及当雄县、仲巴县、嘉黎县、申扎县、班戈县、尼玛县、双湖县7个牧区县。从食物供给量及供给结构可以看出，这些县域均以牧业为主要产业，无粮食产量或个别地区有粮食作物零星分布，故食物供给结构单一，且主要为牛羊肉。由于其食物本身蛋白质供给能力相较热量供给能力更强，所以这些县域虽基于热量的土地资源承载力超载，但基于蛋白质的土地承载力仍处于盈余状态。

（3）若按照居民膳食宝塔推荐的人均热量2521 kcal/d和蛋白质64 g/d的摄入标准，西藏各类县域中，农区县、半农半牧区县和牧区县基于热量和蛋白质需求的土地资源承载力相较居民实际营养摄入量下的承载力可分别多承载35.22%和12.5%的人口。结合各县域基于居民膳食宝塔推荐摄入量标准下的土地资源承载能力（表4），可将土地超载的县域分

表4 超载县域类型
Table 4 Overloaded county type

县区类型	县名	按西藏居民实际营养消耗量超载县域		按膳食推荐指标超载县域	
		热量	蛋白质	热量	蛋白质
牧区县	当雄县	√			
	申扎县	√			
	嘉黎县	√			
	尼玛县	√			
	仲巴县	√		○	
	班戈县	√		○	
	双湖县	√		○	
	萨嘎县	√	√	○	
	革吉县	√	√	○	
	那曲县	√	√	○	○
	巴青县	√	√	○	○
	噶尔县	√	√	○	○
	改则县	√	√	○	○
	措勤县	√	√	○	○
半农半牧业区县	江达县	√			
	类乌齐县	√			
	浪卡子县	√			
	索县	√			
	日土县	√			
	比如县	√		○	
	亚东县	√	√	○	○
	札达县	√	√	○	○
农区县	南木林县	√	√		
	拉萨城关区	√	√	○	○

为两类:一类是该县人口数量超过基于实际营养需求下的土地资源可承载能力,但未超过按居民膳食宝塔推荐的热量和蛋白质摄入量标准下的土地承载能力;另一类为该县人口数量甚至已超过推荐摄入量下的土地资源可承载能力(表4)。

第一类超载的县域虽基于西藏居民实际营养消耗量下的土地资源承载状况超载,但若按照居民膳食宝塔推荐的摄入量,则其土地资源承载状况并未超载,可通过膳食结构调整使其土地承载状况不再超载。这类超载县域数量共12个,包括当雄县、申扎县、嘉黎县、尼玛县、萨嘎县、革吉县、江达县、类乌齐县、浪卡子县、索县、日土县、南木林县。由西藏居民实际的食物摄入量和膳食宝塔推荐的居民食物摄入量标准看出,西藏居民的热量和蛋白质摄入量较高,其中谷薯类食物摄入量比重过大、肉类消费也超出标准摄入量,蔬菜水果摄入却严重缺乏。这些县域的居民在日常生活中应逐步增多蔬菜水果的摄入量、适当减少肉类摄入,以期使这些县域土地承载状况转好不再超载。

而另一类超载的县域类型是其实际人口数量甚至超过了居民膳食宝塔推荐摄入量下的土地可承载能力,单单依靠膳食营养结构调整并不能完全解决其超载现状。其中拉萨市城关区,土地资源承载力为1.37万人,实际人口数为20.89万人,实际人口数量远超可承载人口,属于严重超载状态,应调入更多的食物,以满足其经济社会发展需求;而处于藏北那曲及阿里地区的牧区县,其自身人口基数小,超载人口微小变化会对承载状况产生很大影响,并且这些地区自然资源禀赋较差、生活环境条件较恶劣、交通通达度低,移民搬迁到自然条件好、经济发展程度高的地区更适合这些县域。

3 结论与讨论

3.1 结论

本研究以人粮关系为基础,以热量和蛋白质营养指标作为土地资源承载力和土地资源承载指数评价模型的关键参量,对西藏地区的食物供给、居民食物消费结构进行分析,进而对西藏县域土地资源承载力的时空差异进行研究,结果表明:

(1)从供给端看,西藏县域食物营养供给能力由于各县域产业结构的不同而有明显差异。农区县的单位面积食物营养供给能力最强,其中代表性的如“一江两河”流域县域,其耕地较集中,适宜的光热水资源为作物生长提供了有利条件^[23],且生产力水平较高,是西藏粮食和其他作物的重要产区^[24]。半农半牧区县次之,牧区县域食物供给能力最低,这些牧区县无农田生态系统食物供给或仅有零星分布粮食作物,草地畜牧业产品供给虽在一定程度上起到了补充作用,但也因产量较小而导致整体食物营养供给能力较弱。从消耗端看,参照居民膳食宝塔推荐摄入量和西藏居民实际消耗量来比较可得出,西藏居民膳食消费结构不尽合理,其中谷薯类食物摄入比例较大、而蔬果类食物摄入则明显不足,肉类消费也略微超出标准。

(2)根据当前西藏地区居民食物消耗结构的营养水平评估,除牧区县域整体在热量指标下土地资源承载状况为超载状态外,其余农区县、半农半牧区县整体均为盈余状态,且仍有较大的承载空间。地处“一江两河”流域的县域,因其自然资源禀赋好土地资源承载力整体较高;位于藏东南的林芝和昌都地区的多数县域生态环境较好,但因地势落差较大,适宜农牧业生产的地区相对较少,土地资源承载力次之^[25];而位于藏北那曲及阿里地区的县域,海拔高、气候寒冷干燥、降雨量少,不适宜人居住生活和作物生

长,生产生活物资匮乏^[26],承载力相较其他地区较低,超载县域多。而从热量和蛋白质两个评价指标横向比较,有13个县区虽基于热量需求的土地资源承载状况超载,但基于蛋白质需求下却未超载。这些县域均以牧业为主要产业,从供给结构可看出,无粮食产量或个别地区有粮食作物零星分布,由于其食物本身蛋白质供给能力相较热量供给能力更强,所以这些县域虽基于热量的土地资源承载力超载,但基于蛋白质仍处于盈余状态。

(3) 按照居民膳食宝塔推荐的人均热量和蛋白质摄入量标准,西藏农区县、半农半牧区县和牧区县基于热量和蛋白质需求的土地资源承载力相较居民实际营养摄入量下的承载力可分别多承载35.22%和12.5%的人口。实际消耗和膳食标准情景下以及不同营养指标之间各县域承载力及承载状态存在差异,该差异可为改善各地区的人粮平衡关系及营养摄入水平提供寻找对策的依据,如:对于虽基于西藏居民实际营养消耗量下的土地资源承载状况超载,但若按照居民膳食宝塔推荐的摄入量则其并未超载的县域,可对膳食结构进行调整优化;而对于另一类超载的县域,其实际人口数量不仅超过按照实际摄入量计算的土地承载力,甚至超过了膳食宝塔推荐摄入量下的土地承载力,如经济发展水平较高的拉萨市城关区、藏北那曲及阿里等自然条件恶劣生活环境差的县域,这些地区单单依靠膳食营养结构调整并不能完全解决其超载问题,调整人口结构、增加外部食物调入等方式可能是解决这类地区土地资源超载问题的途径。

3.2 讨论

本研究基于资源供给与消耗的动态平衡,以人口与粮食关系为基础,选取营养指标,通过重点分析本地土地资源产出的供给能力及当地居民生活的基本需求,进而评价土地资源承载能力。考虑到食物利用过程中存在损耗的问题,本文在食物供给量转换为营养供给量时已参照《中国食物成分表》中各类食物可食用部分的比例进行计算,但粮食作物转化为食物过程中仍会有部分损耗。作为西藏居民传统主食的糌粑,虽青稞到糌粑的食物转化率接近100%^[24],几乎无损耗,但除青稞外西藏仍有少部分小麦及水稻产出,其食物转化率则相较降低,若未来研究中细分各类粮食作物转化的损耗,对西藏土地资源承载能力的评估则会更加全面。同时,目前研究中西藏居民膳食营养消耗量的确定主要以西藏地区城镇及农村实际消耗情况结合西藏地区城镇及农村实际人口比例进行计量,以使得评估中热量和蛋白质消耗水平与西藏居民的实际消耗情况更贴切。但由于西藏地区数据相对匮乏,当前的评估数据无法体现各地区间居民食物结构之间的差异。

资源流动可促进经济、环境和社会协调持续发展^[27],区域间资源贸易和跨区域资源分配会平衡因资源禀赋差异导致的人地关系不均衡问题,也因此会对承载力的定量评估结果带来不同的探讨^[28]。西藏地区受自然地理环境制约,土地资源生产潜力较低且农牧业生产比例失衡,导致了农牧业生产活动对土地压力较大与居民膳食结构不合理等问题^[29]。随着经济发展水平的逐渐提升以及诸如青藏、拉日铁路的开通,使得当地交通条件逐步改善^[30],西藏内部以及与外界的交流及贸易往来变得更加频繁;合理的资源流动将会缓解土地利用强度、改善居民膳食结构,同时技术水平的提升也会通过提高土地资源利用效率进而增强土地承载潜力。

特殊地理环境使得西藏地区农业生产条件欠佳、社会经济发展水平相对落后,西藏居民形成了以青稞为主要食物来源的较为单一的饮食结构^[31]。近年来,在退耕还林(草)、休牧禁牧等政策实施、跨区域资源调用便利程度提高、居民生活条件改善与消费

意识转变等众多因素影响下^[32], 西藏居民的膳食结构逐渐趋向多元化, 食物营养获取更加全面^[33]。食物消耗结构改变会进而促进土地利用结构与强度的变化^[24], 现阶段西藏地区消费结构变化驱动土地利用变化的机理尚有待进一步探索。因此, 未来可通过充分的实地考察与问卷调研获取各类型地区的膳食营养结构及其变化和流动的数据, 弥补因当前数据匮乏产生的空间差异及变化机理认识不足, 深入探讨资源流动对西藏地区居民膳食结构与土地资源承载潜力的影响, 分析西藏地区膳食结构变化与土地利用变化耦合机制, 将为揭示食物消费结构变化对资源环境变化的影响、进而寻求土地资源可持续利用以及提升资源环境承载力的适应性策略提供科学支撑。

参考文献(References):

- [1] 谢高地, 成升魁, 肖玉, 等. 新时期中国粮食供需平衡态势及粮食安全观的重构. 自然资源学报, 2017, 32(6): 895-903. [XIE G D, CHENG S K, XIAO Y, et al. The balance between grain supply and demand and the reconstruction of China's food security strategy in the New Period. Journal of Natural Resources, 2017, 32(6): 895-903.]
- [2] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践. 资源科学, 2017, 39(3): 379-395. [FENG Z M, YANG Y Z, YAN H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th century: From theory to practice. Resources Science, 2017, 39(3): 379-395.]
- [3] PARK R F, BURGOSS E W. An Introduction to the Science of Sociology. Chicago: The University of Chicago Press, 1921.
- [4] WILLIAM A. The African Husbandman. Edinburg: Oliver and Boyd, 1965.
- [5] MILLINGTON R, GIFFORD R. Energy and how we live. Australian UNESCO Seminar, Committee for Man and Biosphere, 1973.
- [6] FAO. Potential Population Supporting Capacities of Lands in Developing Word. Rome, 1982.
- [7] 封志明, 杨艳昭, 张晶. 中国基于人粮关系的土地资源承载力研究: 从分县到全国. 自然资源学报, 2008, 23(5): 865-875. [FENG Z M, YANG Y Z, ZHANG J. The land carrying capacity of China based on man-grain relationship. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 865-875.]
- [8] 刘东, 封志明, 杨艳昭, 等. 中国粮食生产发展特征及土地资源承载力空间格局现状. 农业工程学报, 2011, 27(7): 1-6. [LIU D, FENG Z M, YANG Y Z, et al. Characteristics of grain production and spatial pattern of land carrying capacity of China. Transactions of the CSAE, 2011, 27(7): 1-6.]
- [9] SHAW J D. World Food Security: A History since 1945. New York: Palgrave MacMillan, 2007.
- [10] 封志明. 土地承载力研究的过去、现在与未来. 中国土地科学, 1994, 8(3): 1-9. [FENG Z M. The past, present and the future of the studies on land carrying capacity. China Land Science, 1994, 8(3): 1-9.]
- [11] 翟凤英, 王惠君, 王志宏, 等. 中国居民膳食营养状况的变迁及政策建议. 中国食物与营养, 2006, (5): 4-6. [ZHAI F Y, WANG H J, WANG Z H, et al. Trend of dietary and nutritional status among Chinese residents and policy suggestions. Food and Nutrition in China, 2006, (5): 4-6.]
- [12] DAVIS K F, D'ODORICO P, RULLI M C. Moderating diets to feed the future. Earths Future, 2015, 2(10): 559-565.
- [13] 王情, 岳天祥, 卢毅敏, 等. 中国食物供给能力分析. 地理学报, 2010, 65(10): 1229-1240. [WANG Q, YUE T X, LU Y M, et al. An analysis of the capacity of China's food provision. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(10): 1229-1240.]
- [14] 徐海泉, 卢士军, 周琳, 等. 以营养当量评价食物营养价值的方法学研究. 营养学报, 2016, 38(4): 341-344. [XU H Q, LU S J, ZHOU L, et al. A new method to evaluate the nutritional value of foods with nutrition equivalent unit. Acta Nutrimenta Sinica, 2016, 38(4): 341-344.]
- [15] 高利伟, 徐增让, 成升魁. 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. [GAO L W, XU Z R, CHENG S K. Food consumption structure and dietary nutrition of residents in rural Tibet. Resources Science, 2017, 39(1): 168-174.]
- [16] 成升魁, 闵庆文. 西藏农牧业发展若干战略问题探讨. 资源科学, 2002, 24(5): 1-7. [CHENG S K, MIN Q W. Strategies of agriculture and animal husbandry development in Tibet autonomous region. Resources Science, 2002, 24(5): 1-7.]

- [17] 廖桂蓉, 刘子菁. 西藏人口年龄结构现状与特征分析: 基于第六次人口普查数据的分析. 西北人口, 2014, (2): 13-16. [LIAO G R, LIU Z J. A study on situation and characteristics of the age structure of Tibet population: Based on the analysis of the sixth census data. Northwest Population Journal, 2014, (2): 13-16.]
- [18] 李录堂, 薛继亮. 人口增长、耕地变化与粮食安全分析及预测. 南京师大学报: 社会科学版, 2008, (5): 39-42. [LI L T, XUE J L. Population growth, farm land change and grain security: An analysis and forecast. Journal of Nanjing Normal University: Social Science Edition, 2008, (5): 39-42.]
- [19] 谷树忠. 西藏食物保障度分析及对策. 自然资源学报, 2000, 15(4): 305-314. [GU S Z. On food security situation and countermeasures in Tibet autonomus region. Journal of Natural Resources, 2000, 15(4): 305-314.]
- [20] 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所. 中国食物成分表(第二版). 北京: 北京大学医学出版社, 2009. [Institute of Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention. China Food Composition (2nd Edition). Beijing: Peking University Medical Press, 2009.]
- [21] 中国营养学会. 中国居民膳食营养指南. 北京: 人民卫生出版社, 2016. [Chinese Nutrition Society. Chinese Dietary Guide. Beijing: People's Medical Publishing House, 2016.]
- [22] 封志明, 杨艳昭, 游珍. 雄安新区的人口与水土资源承载力. 中国科学院院刊, 2017, 32(11): 1216-1223. [FENG Z M, YANG Y Z, YOU Z. The population and water and land resource carrying capacity of Xiongan New Area. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(11): 1216-1223.]
- [23] 张戈丽, 欧阳华, 周才平, 等. 近50年来气候变化对西藏“一江两河”地区农业气候热量资源的影响. 资源科学, 2010, 32(10): 1943-1954. [ZHANG G L, OUYANG H, ZHOU C P, et al. Response of agricultural thermal resources to climate change in the region of the Brahmaputra River and its two tributaries in Tibet during past 50 Years. Resources Science, 2010, 32(10): 1943-1954.]
- [24] 高利伟. 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. [GAO L W. Arable land requirements related food consumption pattern: A case study in Lhasa, Xigaze and Shannan region of rural Tibet. Journal of Natural Resources, 2017, 32(1): 12-25.]
- [25] 顾峰雪, 庞瑞, 张远东, 等. 1954-2010年西南高山地区土壤碳储量时空动态及对气候变化的响应. 自然资源学报, 2014, 29(11): 1930-1943. [GU F X, PANG R, ZHANG Y D, et al. Temporal-spatial variations of soil organic carbon and their responses to climate change in Alpine Area of Southwest China during 1954-2010. Journal of Natural Resources, 2014, 29(11): 1930-1943.]
- [26] 陈华. 西藏人口、资源、环境与可持续发展. 人口研究, 2002, 26(1): 22-28. [CHEN H. Population, resources, environment and sustainable development in Tibet. Population Research, 2002, 26(1): 22-28.]
- [27] 成升魁, 甄霖. 资源流动研究的理论框架与决策应用. 资源科学, 2007, 29(3): 37-44. [CHENG S K, ZHEN L. Resource flow: Theoretical framework and application for decision making. Resources Science, 2007, 29(3): 37-44.]
- [28] FENG Z M, SUN T, YANG Y Z, et al. The progress of resources and environment carrying capacity: From single-factor carrying capacity research to comprehensive research. Journal of Resources and Ecology, 2018, 9(2): 125-134.
- [29] 杨春艳, 沈渭寿, 王涛. 近30年西藏耕地面积时空变化特征. 农业工程学报, 2015, 31(1): 264-271. [YANG C Y, SHEN W S, WANG T. Spatial-temporal characteristics of cultivated land in Tibet in recent 30 years. Transactions of the CSAG, 2015, 31(1): 264-271.]
- [30] 朱玉福. 西藏饮食文化及其历史流变: 兼论青藏铁路通车对西藏饮食文化习俗变革的影响. 西藏民族大学学报: 哲学社会科学版, 2008, 29(6): 43-47. [ZHU Y F. The Tibet diet culture and its history change: Concurrently discussing the transformation and influence of Qinghai-Tibet railway's opening to traffic upon the Tibet diet culture. Journal of Tibet University for Nationalities: Philosophy and Social Sciences Edition, 2008, 29(6): 43-47.]
- [31] 刘天平, 卓嘎, 旦巴. 藏民族饮食消费成因与变化分析初探. 消费经济, 2011, (2): 31-34. [LIU T P, ZHUO G, DAN B. An analysis of the causes and changes of Tibetan Ethnic diet consumption. Consumer Economics, 2011, (2): 31-34.]
- [32] 贾培琪, 吴绍华, 李啸天, 等. 中国省际粮食贸易及其虚拟耕地流动模拟. 地理研究, 2016, 35(8): 1447-1456. [BEN P Q, WU S H, LI X T, et al. China's inter-provincial grain trade and its virtual cultivated land flow simulation. Geographical Research, 2016, 35(8): 1447-1456.]
- [33] 苟安春, 李良, 郭春华. 从藏民族饮食结构变化看青稞生产的重要性. 中国农学通报, 2005, 21(6): 142-145. [GOU A C, LI L, GUO C H. Observing the importance of barley production from the changes in Tibetan diet. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2005, 21(6): 142-145.]

Evaluation of land resources carrying capacity of Tibetan counties based on dietary nutritional demand

WANG Wei^{1,2}, YAN Hui-min^{2,3}, YANG Yan-zhao^{2,3}, DU Wen-peng^{2,3}

(1. College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, China; 2. Institute of

Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: "Food nutrition safety" is an important component of "food safety". At present, the evaluation index of "grain" as the carrying capacity of land resources can only reflect part of the carrying capacity, and the assessment from the perspective of dietary nutrition is more in line with the actual land resource carrying status. Based on the dynamic balance between supply and demand, this paper selects calorie and protein as key parameters to construct the land resource carrying capacity (LCC) calculation and land resource carrying index (LCCI) evaluation model, and the land resource carrying capacity of Tibet Autonomous Region at county level in 2015. Quantitative evaluation of the land resources carrying status provides a scientific basis for the realization of the balance of calorie and protein supply and demand in Tibet, and lays the foundation for the study of the changes, mechanisms and countermeasures of the nutritional needs of residents in the region. The results show that: (1) The land resource carrying capacity of Tibet is generally surplus. The land resources of the "Yarlung Zangbo River and its two tributaries" basin in the southeastern part of Tibet have high carrying capacity, while those in the counties of Naqu and Ali in the northwest of the study area have low carrying capacity. (2) According to the evaluation results of land carrying capacity based on the actual consumption of calorie and protein, in farming counties, semi-farming and semi-pastoral counties, and pastoral counties, the carrying capacity of protein indicators is 8.83%, 22.51% and 67.78% more than that of calorie indicators, respectively, and there are 13 pastoral counties and farming and pastoral areas with calorie overloaded and without protein overloaded. The reason is that the animal food calorie supply ratio is high in the pastoral counties and the farming and pastoral counties, and the food protein supply capacity is stronger than the calorie supply capacity. (3) According to the per capita calorie and protein intake standards recommended by residents' dietary pagodas, the carrying capacity of land resources based on calorie and protein demand in farming counties, semi-farming and semi-pastoral counties and pastoral counties is higher than the actual nutrient intake of residents, or carrying 35.22% and 12.5% more of the population, respectively. The assessment results reflect the differences in the carrying capacity and carrying status of each county under the actual consumption and dietary standard scenarios and between different nutritional indicators. It is possible for us to seek to improve the regional human food balance and the dietary nutrition level of residents by adjusting population structure and dietary structure.

Keywords: Tibet; dietary nutrition demand; food supply; food consumption; land carrying capacity