

食物贸易视角下的全球食物供需平衡及其演化分析

王 祥¹, 牛叔文^{1,2}, 强文丽¹, 刘爱民³,
成升魁³, 邱 欣¹, 李 凡¹

(1. 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000; 2. 西部环境教育部重点实验室, 兰州 730000;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 用食物供给量与生产量分别表示食物的可及性与自给率, 其差值可表示食物贸易量, 以人均每天卡路里为单位进行的折算可以更好地反映膳食营养的变化。从食物贸易视角分析了28年来食物供需平衡状况, 结果表明: (1) 1986—2013年, 全球食物贸易量增加1.5倍; 食物总产量增加0.75倍, 贸易量在总产量中的比例增加约8个百分点, 相当于 7.9×10^8 t食物进入国际市场, 这成为改善膳食结构的重要因素。(2) 28年来, 食物可及性与自给率呈上升趋势, 全球绝大部分人口已经达到最低2200 kcal的营养标准。(3) 食物可及性、自给率、贸易量均存在地域差异, 非洲及南亚的部分国家是低值地区。(4) 总体来看, 全球人均每天热量与蛋白质供给量增加。低收入国家增速最快, 中等收入国家增速次之, 高收入国家增速最慢。但非洲、东南亚等地的一些欠发达国家仍未达到最低的营养标准, 全球仍有一部分人处于营养不良状态。

关键词: 食物贸易; 食物可及性; 食物自给率; 卡路里; 蛋白质; 供需平衡; 膳食均衡

过去半个世纪以来, 全球人口总量增加一倍以上, 但饥饿人口在总人口中的比例却大幅下降, 主要是因为全球食物供给量的迅速增加^[1-3]。2050年, 全球人口预计将会稳定在90亿左右, 人口增速相对放缓^[4]。尽管人口总数趋于平稳, 但随着收入的增加, 购买力的上升会带来更多的食物消费和对加工食品、肉、蛋、奶制品以及鱼类等产品的更大需求, 这将会给食物供给系统带来巨大的压力^[3,5,6]。与此同时, 在世界范围内出现了用于食物生产的水土资源过度开发问题, 农业资源的可持续利用性进一步受到影响^[7-9]。此外, 气候变化^[10]、城市化进程加快^[11]、贸易壁垒^[12]等因素都威胁着全球食物安全。因此, 现阶段食物安全主要面临三重挑战: 第一, 快速变化的食物需求同食物供给之间的矛盾; 第二, 食物生产的可持续问题; 第三, 彻底消除全球饥饿^[13,14]。面对三大挑战需要改变食物的生产、储存、加工、分配及获取方式, 而全球食物贸易是解决时空供需不均的一种有效途径^[15-17]。

随着社会经济发展与交通条件的改善, 食物的可及性上升, 饮食结构发生了较大改变。现阶段的食物安全不仅是解决温饱问题, 更多的是追求营养均衡。全球饥饿指数不

收稿日期: 2019-07-05; 修订日期: 2019-08-20

基金项目: 中国科学院重点部署项目 (ZDBS-SSW-DQC); 国家自然科学基金项目 (41801192); 兰州大学“一带一路”专项项目 (2018ldbryb031)

作者简介: 王祥 (1994-), 男, 甘肃天水人, 博士研究生, 主要从事资源流动与资源环境管理等方面的研究。

E-mail: 2392633682@qq.com

通讯作者: 强文丽 (1988-), 女, 甘肃白银人, 博士, 副教授, 主要从事自然资源流动及其效应评估等方面的研究。E-mail: qiangwl@lzu.edu.cn

断下降,同时营养结构金字塔趋于合理。糖类、脂肪、蛋白质作为人类三大营养物质,在过去50年,人均摄入量已经快速增长。全球平均热值(kal/人/天)、蛋白质(g/人/天)、脂肪的摄入量(g/人/天)分别从1961年的2263、62、55增长至2013年的2848、82、88^[2]。特别是发展中国家,肉类消费量增加超过70%,膳食结构中脂肪与蛋白质的比例增加更为明显^[18]。根据班尼特法则,肉、蛋、奶制品和水产品收入需求弹性较高,收入增长将显著拉动对该类产品的消费^[19],促使前后两个时期三大营养物质的增加。

目前,国内外已有众多学者研究食物安全(国内称之为“粮食安全”)问题,主要集中在三个方面:第一,关于食物的自给性和可及性问题。Koning等^[20]通过对长期影响食物供应的因素进行分析,试图探讨食物价格变化对食物安全的影响。Parry等^[21]、Gregory等^[22]、Howden等^[23]主要研究全球气候变化对食物生产及食物供给安全的影响。Tilman等^[24]对全球食物需求演化及农业可持续发展问题进行研究,并对2050年的食物需求进行预测,发现农田单产的提升是解决未来食物需求的主要措施。第二,关于食物安全的演化分析及未来食物供需关系的预测。Miina等^[25]系统地分析了1965—2005年全球食物供需关系。Rosegrant等^[26]通过全球营养不良儿童数量变化来模拟研究2050年食物供需状况。罗其友等^[27]对中国粮食中长期消费需求进行预测,发现到2050年,我国粮食总消费量在6亿t左右。第三,关于食物贸易对于保障全球食物安全的作用。D'Odorico等^[28]的研究表明,以1986—2009年间卡路里计算的贸易量增加了一倍以上,且食物贸易保证了全球食物的供给安全。Macdonald等^[29]研究了农业贸易在全球食物安全和资源可持续性方面的重要作用,同时利用价值量和营养值测度了农业资源流动,并评估该贸易的驱动机制与全球化影响。

尽管现阶段关于食物安全的研究已经较为广泛,但从食物贸易的视角来研究过去三十年的食物自给率、食物可及性以及营养物质演化的相关研究仍较少。本文对1986—2013年食物的供需关系及热量、蛋白质、脂肪的演化与区域间流动加以分析,试图揭示全球食物系统与营养结构转变及地域差异,并分析食物贸易在该过程中所起的作用,以期能为预测未来食物系统的发展与研究全球人口高峰时的食物供需安全提供基础。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 食物供给量

食物供给量是指一年当中实际供给的食物数量,本文利用联合国粮农组织(FAO)提供的食物产量、食物进口量、食物出口量及库存储量变化来计算食物供给量^[2],表示为:

$$FCQ_i^{(t)} = FPQ_i^{(t)} + I_i^{(t)} - E_i^{(t)} + VS_i^{(t)} \quad (1)$$

式中: $FCQ_i^{(t)}$ 表示 t 年份 i 类作物消费量 (t); $FPQ_i^{(t)}$ 表示产量 (t); $I_i^{(t)}$ 表示进口量 (t); $E_i^{(t)}$ 表示出口量 (t); $VS_i^{(t)}$ 表示库存变化量 (t)。

为计算人均每天能量供给,根据联合国粮农组织(FAO)提供的转化因子将实际供给食物量转换为以卡路里为单位的热值量,以此换算出每人每天食物供给量,表示为:

$$DES(t) = \frac{\sum_i FCQ_i^{(t)} \times c_i}{365 \times P(t)} \quad (2)$$

式中: $DES(t)$ 表示以卡路里计算的人均每天供给食物量 (kal/人/天); c_i 为转换因子; $P(t)$ 表示人口数量 (人)。

根据世界卫生组织（WHO）发布的《热量和蛋白质摄取量》，健康女性人均日均卡路里摄入量最低标准为1800 kal，男性则为1980 kal。FAO发布的营养不良标准是摄入量低于2100 kal，同时还包括了大约12%的食物浪费^[30,31]。因此结合各组织公布的标准，通过相应修正，设定正常人每天摄入最低标准为2200 kal，正常标准为2700 kal，根据对应阈值进行分层来表示食物的可及性（表1）。

表1 食物可及性/食物自给率分层情况

Table 1 Food availability and food self-sufficiency stratification (kal/人/天)				
范围	< 2200	2200~2700	2700~3200	> 3200
食物可及性/DES	低	较低	正常	高
食物自给率/DEP	低	较低	正常	高

1.1.2 食物生产量

食物产量数据来源于FAO数据库，并根据数据平衡表中的折算系数转换为卡路里生产量，以此来计算人均每天卡路里生产量，表示为：

$$DEP(t)=\frac{\sum_i FPQ_i^{(t)} \times c_i}{365 \times P(t)} \tag{3}$$

式中：DEP(t)表示以卡路里计算的人均每天的食物生产量（kal/人/天）。通过对人均每天食物生产量进行分层来表示食物自给状况，如表1所示。

1.1.3 食物贸易量

(1) 相对贸易量

食物相对贸易量用生产量与供给量的数量差表示，当生产过剩时，需要出口；反之，当生产无法满足消费时，供不应求需要进口。因此用膳食能量生产（DEP）与膳食能量供应（DES）计算食物相对消费量，表示为：

$$DET(t)=DEP(t)-DES(t) \tag{4}$$

式中：DET(t)表示以卡路里计量的贸易量（kal/人/天），根据各组织公布的标准对食物可及性和食物自给率进行分层，设定的正常人每天摄入最低标准为2200 kal，正常标准为2700 kal，其差值为500 kal，因此将0~500 kal作为第一层表示进出口量相对较小；设定的最高标准为3200 kal，与最低标准的差值为1000 kal，故将500~1500 kal作为第二层表示适度进出口；将大于1500 kal作为第三层表示进出口较多，详见表2。

表2 食物贸易分层情况

Table 2 Food trade stratification (kal/人/天)						
范围	< -1500	-1500~-500	-500~0	0~500	500~1500	> 1500
DET	进口多	适度进口	进口少	出口少	适度出口	出口多

(2) 实际贸易量

以贸易双方交易的食物重量为单位，分别测度食物进口量和出口量。本文以全球食物贸易中的国家（地区）作为贸易网络的节点，以贸易关系作为网络的边，构建了全球食物贸易网络G=(N, E)。为分析国家间的贸易流动，使用网络特征指标节点强度来表示某个节点i与其相连的所有节点之间的贸易总量，即：

$$S_i^{out} = \sum_{j=1}^n a_{ij} w_{ij}$$

(5)

$$S_i^{in} = \sum_{j=1}^n a_{ji} w_{ji}$$

(6)

式中： w_{ij} 、 w_{ji} 表示节点 i 、 j 之间的贸易量 (t)； a_{ij} 、 a_{ji} 表示两节点之间的贸易关系。

1.2 数据来源

此次研究数据主要来源于FAO统计数据。食物供给量与食物生产量来源于FAO的数据平衡表，食物贸易量来源于FAO贸易统计数据，库存储量数据来源于FAO数据库，人均卡路里、蛋白质、脂肪则以FAO给出的转换因子为基础进行折算。在文献 [15] 的基础上，对食物种类进行了完善，补充了鱼类、奶蛋类及其他主要食物（表3）。参考文献 [25] 中对食物供给、食物生产及食物贸易的折算方法，用食物热值 (kal/人/天) 统一表示食物可及性、食物自给率及食物贸易，分析1986—2013年食物供需关系及膳食结构的变化。此外，由于FAO数据库中数据平衡表仅更新至2013年，且1986—2013年为食物贸易迅速增长阶段，因此选择1986—2013年为研究期。

表3 农产品类别及其品种
Table 3 The types of agricultural products and their breeds

农产品类别	农产品种类 (83种)
谷物类	小麦、水稻、大麦、玉米、黑麦、燕麦、小米、高粱、其他谷物
油料类	豆类、豌豆、豆类其他制品、坚果、大豆、花生、油菜与芥菜籽、芝麻、橄榄、大豆油、花生油、葵花籽油、菜籽油和芥子油、棉花籽油、棕榈油、椰子油、芝麻油、橄榄油、米糠油、玉米油
薯类	木薯、马铃薯、甜薯、山药、其他薯类
糖料类	原糖、精炼糖、甘蔗、甜菜、其他糖料、蜂蜜
水果类	橙子、柑橘、柠檬、葡萄、其他柑橘类、香蕉、苹果、菠萝、大枣、其他
蔬菜类	番茄、洋葱、其他蔬菜
肉类	牛肉、羊肉、猪肉、禽肉、其他肉类、各类动物内脏
鱼类	鱼、鱼肝油、淡水鱼、底栖鱼、远洋鱼、海洋鱼、贝壳类、头足类、其他
奶蛋类	牛奶、鸡蛋
其他	茶、啤酒、葡萄酒、饮料、咖啡、可可、胡椒、甘椒、丁香、其他香料、黄油、奶油、动物脂肪

2 结果分析

2.1 全球食物产量与贸易量变化

28年来全球食物产量与贸易量均呈上升趋势（图1）。食物贸易总量从1986年的 10.5×10^8 t增长至2013年的 26.3×10^8 t，增加1.5倍。其中肉类、油料、蔬菜、水果及奶蛋类的增长较为迅速，相比于大宗谷物，该类农产品贸易量的增加表明全球营养结构的改善，饮食模式已逐渐开始转变。食物总产量自1986年的 56.8×10^8 t上升至2013年的 99.7×10^8 t，增加了0.75倍。与贸易量的变化不同，食物总产量的增加主要由谷物等大宗产品的增长驱动。此外，1986年食物贸易量占食物总产量的比例仅为18.5%，到2013年这一比例已达26.4%，增加约8个百分点，相当于 7.9×10^8 t食物进入国际市场，而新进入国际市场的这部分粮食产品成为改善膳食结构的重要因素。奶蛋、肉类、鱼类等产品尽管产量增幅较小，但其贸易量增加迅速，表明国际市场对该类产品的需求加快，膳食结构逐步从较为单一的植物性产品消费趋向以谷物为主、兼顾肉蛋奶的模式转变。

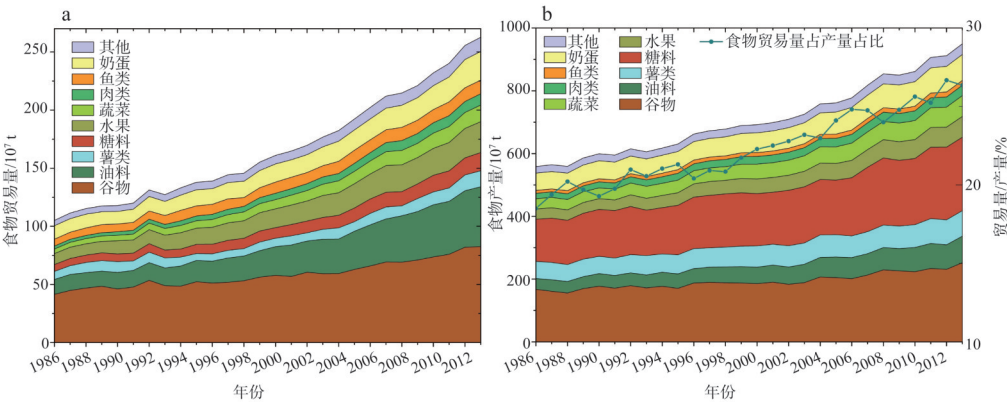


图1 1986—2013年全球食物贸易量与产量变化

Fig. 1 The change of global food production and food trade volume from 1986 to 2013

2.2 食物可及性、自给率及相对贸易量变化

以食物供给量来表示食物的可及性，具体阈值区间见表1。28年来全球食物可及性明显上升，食物供给基本满足食物需求（图2）。以人均每天摄入卡路里2200 kcal作为最低标准来衡量，1986年全球大约有30%以上的人口无法满足这一营养标准，处于“食难果腹”的状态。而到2013年这一比例已经下降至4%，说明全球大部分人口已经基本摆脱了饥不择食的状态，且人均每天卡路里摄入量大于2700 kcal的人口数占全球总数的60%，多数人口已经处于较高热量的膳食模式。此外，虽然大于3200 kcal的人口占比变化不大，但由于全球人口总数增长较快，因此这一区间的绝对人口也在稳步上升。食物

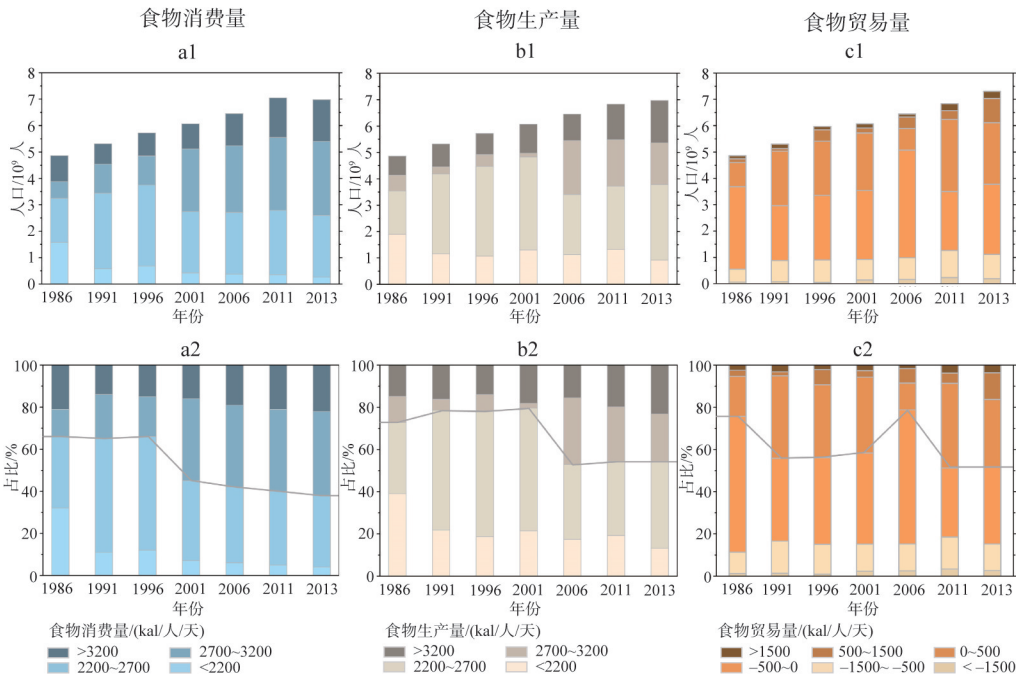


图2 1986—2013年食物可及性、自给率及贸易量变化

Fig. 2 The change of food availability, self-sufficiency and trade volume from 1986 to 2013

可及性的提高一方面源于单产增加,另一方面也是全球食物贸易量迅速增加的结果。

食物自给率以食物产量折算成人均每天热量摄入量来表示。虽然全球食物自给率上升,可自给人口的比例增加,但仍有超过50%的人口食物无法自给,说明部分国家食物产出难以满足食物需求,需要通过进口来弥补这一缺口。有些人多地少的国家对进口的依赖性更高,食物贸易对此类国家至关重要。而随着食物生产水平的提高与政府更加重视解决食物供给安全这一国民生存的基本问题,此类国家食物自给状况有所改善。1986年39%的全球人口自给水平低(人均每天卡路里摄入量低于2200 kal),2013年已下降至13%。需要注意的是在全球人口迅速增加的同时,无法自给人口在总人口中的比例下降明显,表明有一部分人口已通过本国食物生产的增加解决了食物自给问题。

食物贸易量是以折算后的生产量与供给量的差值来表示。从总趋势来看,出口国人口在总人口中的比例从1986年的25%上升至2013年的47%,主要是印度这一人口大国由净进口国转变为净出口国。相反,中国由适度出口国转变为主要的进口国。仅从国家数量上看,出口国家相对集中,但由于印度、巴西等国逐渐成为主要出口国,因此出口国人口在总人口中比例增加,全球大部分国家是食物进口国。综上所述,由于食物自给率的提高,食物的可及性也随之提高,但有一部分国家由于自然地理条件的限制,食物生产无法满足本国的食物需求。因此食物贸易成为解决这一问题的关键,以此调节时间、空间上的配置以满足上述国家的食物需求。

2.3 食物可及性、自给率及相对贸易量的地区分异

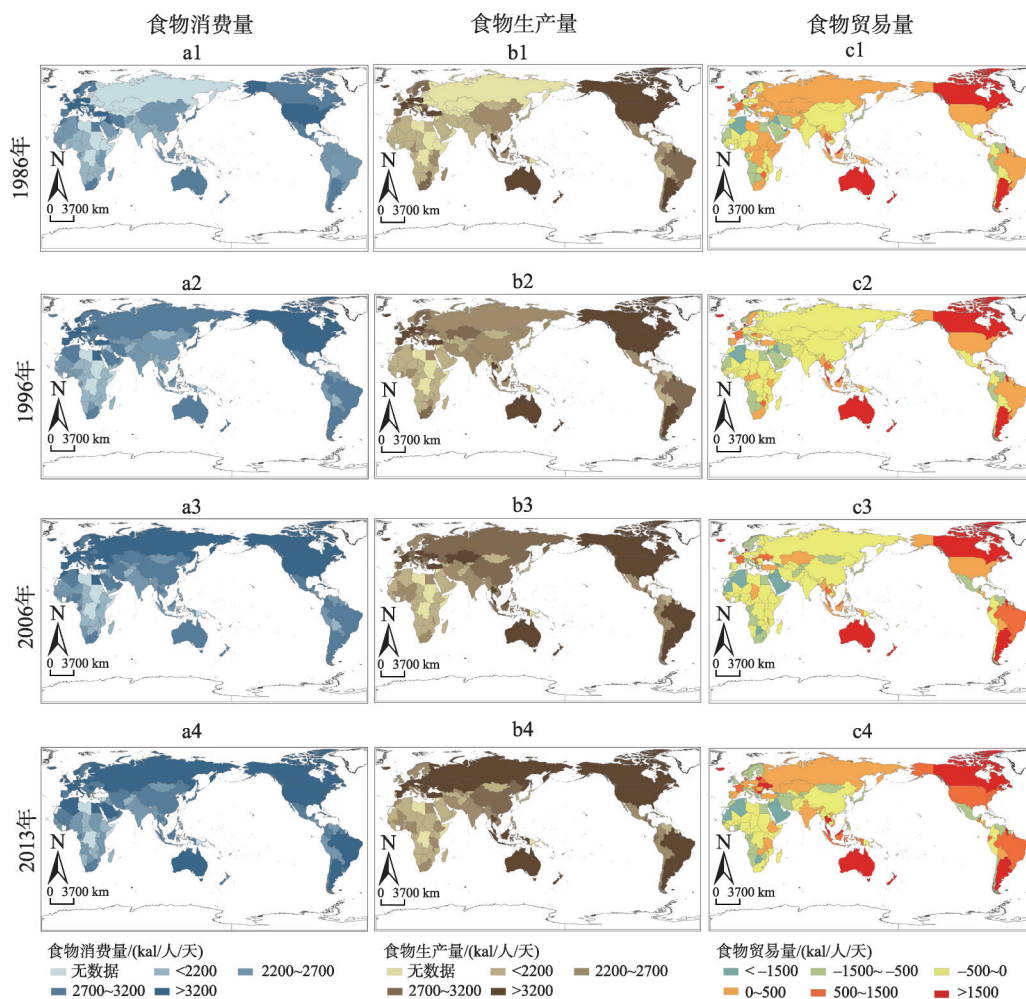
由于各地区的自然条件、经济发展水平、人口数量等因素存在差异,因此各地区的食物供给量、生产量、贸易量表现出较强的地域性(图3)。

首先,在食物供给方面,全球大部分国家食物供给已经上升至2700 kal的标准以上。欧美、澳大利亚、俄罗斯是人均食物供给大国,且食物种类主要以改善营养结构的高热量食物为主;撒哈拉以南的非洲、南亚及中美洲等地区人均食物供给量较小,但从年际变化来看,这些地区食物供给能力已经有所改善。值得注意的是欧美等西方国家,饮食主要以动物性食物为主,此类食物可提供较高的热量,而亚洲等经济发展中国家主要以素食性植物产品消费为主,因此以卡路里计算的食物供给量存在较大的地区差异,但并不能否定不同地区经济发展水平的差异引起的食物需求方面的差异。

其次,在食物生产上,北美的美国、加拿大,南美的巴西、阿根廷,澳大利亚及地中海北部的一些国家为主要的食物生产国(人均每天生产卡路里大于3200 kal)。近些年,印度、印尼、巴西等新兴经济体食物生产增长迅速,逐渐摆脱了食物生产能力不足的局面,特别是巴西已经是全球最主要的食物生产国之一。我国已从小于2700 kal的生产水平上升至2700~3200 kal,表明我国在食物生产技术改进的同时,高热量、营养型食物产量在食物总产量中的比例也在增加。

最后,食物贸易中,美国、加拿大、巴西、阿根廷、澳大利亚等国是主要的出口国(人均生产减去消费大于1500 kal),此类国家尽管食物生产量较大,但本国人口规模相对较小,食物消费能力有限,有大量剩余食物产品出口到世界各地。沙特阿拉伯、埃及、阿尔及利亚等国为主要的食物进口国(人均生产减去消费小于-1500 kal)。我国长期处于适度食物进口状态,但随着我国近些年饮食结构的逐渐转变,未来我国食物需求将会面临更大的缺口。

总体来看,尽管饮食结构上存在差异造成东西方食物需求方面有所区别,但主要原因仍是收入差距较大引起的消费能力的不同,因此,食物供给方面也存在差异。美国、



注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载审图号为GS(2016)1666标准地图制作，底图无修改。

图3 1986—2013年食物可及性、自给率及贸易量地区分异

Fig. 3 The regional differences of food availability, self-sufficiency and trade volume

加拿大、巴西、阿根廷及澳大利亚是主要的食物生产大国，同时也是主要的食物出口大国。近年来，南亚的印度，东南亚的泰国、马来西亚等国出口量也有所增加，逐步转变为稻米、热带果蔬的主要出口国。从年际变化来看，全球绝大部分国家食物供给量呈增长态势，说明在食物产量增加的同时，食物在全球范围内的流动也在加速。此外，我国食物生产与供给已从中低水平（2200~2700 kcal）上升至中高水平（2700~3200 kcal），食物生产基本满足需求，但结构性短缺问题突出，部分食物产品仍需进口。食物种类方面在以谷物为主要能量来源的基础上，对糖料、肉类和油料等摄入量逐步增加，饮食结构在以谷物等植物型为主的基础上，兼顾肉蛋奶等高热量产品。

2.4 食物实际贸易量变化

在以食物生产量与供给量的差值分析食物相对贸易量的基础之上，为厘清28年来全球食物贸易绝对量的具体变化及其对食物可及性与食物自给产生的影响，选择了主要的进出口国（其贸易量占全球食物贸易总量的60%以上）进行分析（图4）。1986年贸易关系主要集中在几个大国之间，美国是全球最大的食物出口国，出口量占全球食物出口总

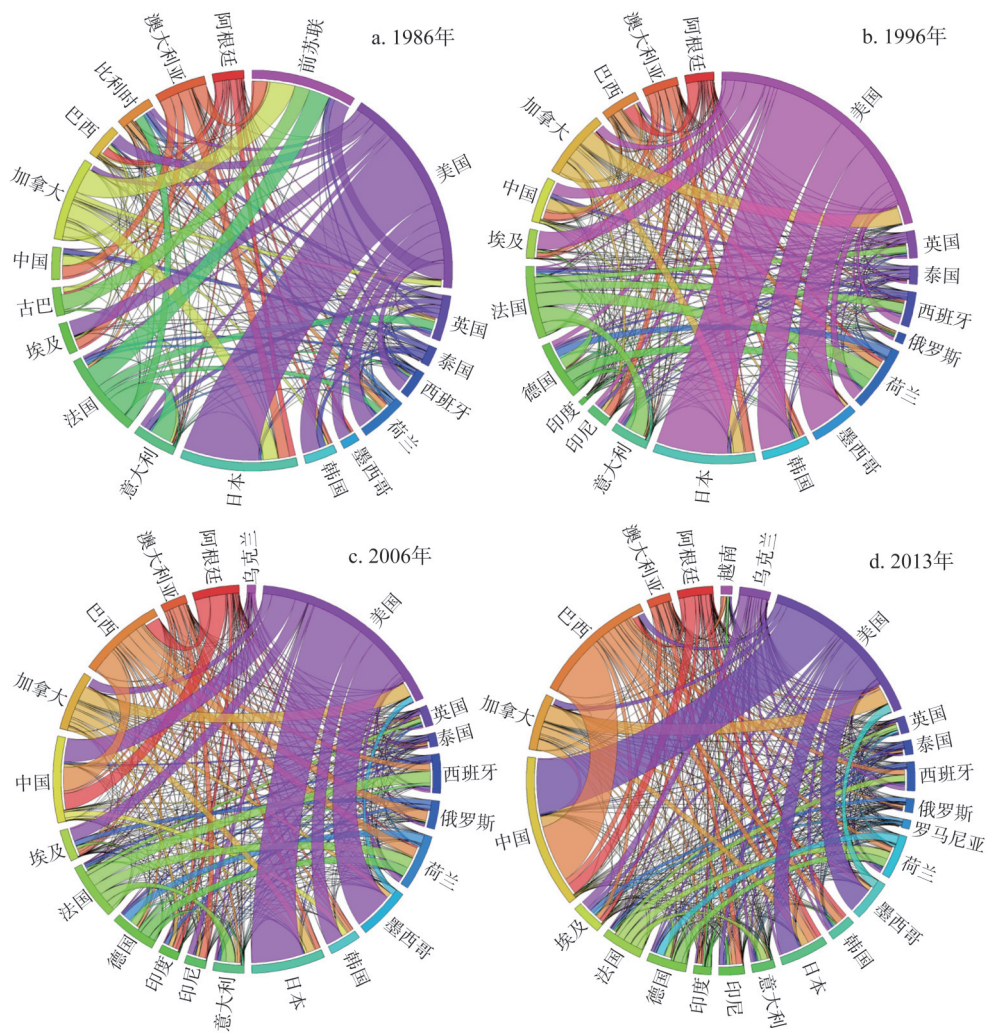


图4 1986—2013年全球食物贸易网络变化

Fig. 4 The evolution of global food trade network from 1986 to 2013

量的37.8%，主要出口粮油产品。加拿大、法国、澳大利亚也是该阶段主要的食物出口国；日本、苏联是主要的食物进口国，分别占全球食物进口总量的21.7%、19.5%（图4）。贸易关系中最主要的一条连线为美国—日本连线，该连线主要以谷物贸易为主，其次加拿大、古巴、法国—苏联连线也在贸易网络中占重要地位。可以发现该阶段的食物贸易总体特征为贸易种类主要以解决温饱的谷物贸易为主，高热量、营养型食物贸易相对较少。与1986年相比，1996年进出口国家变化较小，美国—日本连线仍是最大连线，同时美国出口其他国家贸易量开始增加，美国—墨西哥、美国—韩国、美国—埃及三条贸易连线也已成为贸易网络中的重要连线。我国进口量开始增加，而进口来源国为加拿大、澳大利亚、美国。相较前一阶段，1996年食物贸易种类中糖料、油料、水果、蔬菜等高热量产品开始增加。

2006年不同于前两阶段贸易集中性强的特点，该阶段贸易关系更加多元化，贸易网络更加复杂。不仅参与到贸易网络中的国家增多，而且贸易强度增大，虽然美国—日本

连线贸易量变化不大,但是贸易量在总量中的比例下降,美国—中国连线贸易量增加。欧盟国家主要以盟国内部贸易为主,主要出口国是法国,主要进口国则为荷兰、英国、意大利等国。由于巴西—中国、巴西—欧盟两条连线上贸易量的增加,巴西成为仅次于美国的第二大出口国。2013年食物贸易格局发生了较大变化,美国仍是全球最大出口国,出口占总量的26.8%,巴西出口量持续上升已占总量的24.6%;中国超越日本、韩国成为全球最大的食物进口国。巴西—中国、美国—中国成为贸易网络中最主要的两条连线,主要以油料贸易为主。肉类、鱼类、奶蛋类贸易量快速增加,这些产品往往是改善膳食营养结构的主要食物。在四个阶段中,美国作为全球最大食物出口国的地位没有发生改变,巴西、中国等新兴国家的崛起,成为贸易网络中重要的供给方或需求方,贸易网络这张大网已开始遍布世界各地,逐渐成为平衡全球食物供给与需求的一种重要手段。以我国为例,由于人口增加与营养标准的提高,食物消费量增加,本国食物供给出现结构性短缺,因此食物贸易进口量增加,我国开始从食物出口国转变为最大的进口国。

2.5 食物热量与蛋白质供给量变化

热量(卡路里)与蛋白质是食物营养元素的主要衡量指标,而随着食物供需关系的变化与食物贸易的加速,人均每天卡路里与蛋白质的供给量整体呈现增加态势(图5)。以四个年份为时间节点分析,发现散点整体上移。根据表1中设定的具体阈值进行分层发现,人均每天卡路里摄入量第一层(>3200 kcal)的国家数量从1986年的22个增加到2013年的43个,而最后一层(<2200 kcal)的国家数量从1986年的43个减少至2013年的12个。四个年份中排名前五的国家主要是欧美国家,这些国家对食物热量需求较高。我国在前三个阶段人均每天卡路里供给量一直处于中低水平,2013年我国已进入中高水平,表明我国人均热量供给也有所提高。而随着我国肉类、奶蛋、油料、糖料及鱼类消费量的增加,人均每天卡路里的摄入量将会进一步增加。与卡路里变化相似,人均每天蛋白质供给量总体增加。1986年大多数国家处于第三层(占国家总数53.6%),人均蛋白质供给量较低;2013年第二层的国家数量占全球总数的44.5%,第一层的国家数量也从1986年的4个增加至15个。总体而言,全球人均每天卡路里与蛋白质供给量增长较快,表明全球绝大部分国家已经达到了营养标准最低值,而进入新世纪以来,以我国为代表的一些新兴经济体已经逐渐摆脱了食物供给不足局面,膳食结构更加合理,但非洲、东

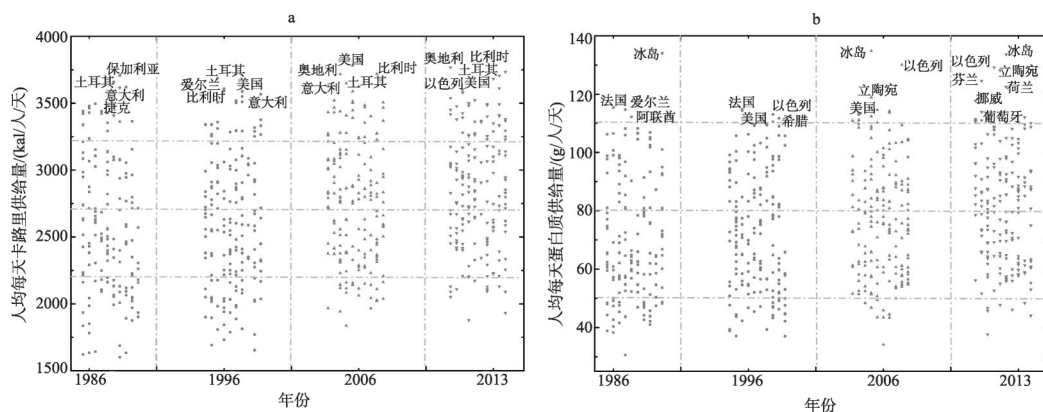


图5 1986—2013年全球食物热值与蛋白质供给变化

Fig. 5 The change of global food calories and protein supply from 1986 to 2013

南亚等一些欠发达国家仍未达到最低的营养标准,营养不良仍是这些国家需要解决的主要民生问题。

为了进一步分析收入的增加对食物营养元素变化的影响,以2010年不变价为基础进行折算,通过对人均GDP分类(分为高收入国家、中等收入国家、低收入国家),讨论两者之间的线性关系以及三类国家间的变化差异。从人均GDP与卡路里供给量变化来看,随着人均GDP的增加,卡路里整体供给量上升,但是三类国家变化速率不同(图6)。低收入国家增速最快,中等收入国家增速次之,高收入国家增速最慢。高收入国家的营养需求较早地得到了满足,需求对收入的反应不敏感。而低收入国家随着收入的增加,肉脂、油料等原先短缺的食品在食物消费中比例增加,因此食物营养物质供应量增速明显更快。与卡路里变化相似,在人均GDP与蛋白质供给关系变化上也呈现上述变化特点,且进入21世纪,低收入国家与中等收入国家的增长速度加快。总体而言,随着人均GDP的增长,卡路里与蛋白质供给量呈增长态势,而国家人均收入的不同也影响了食物供给量的变化速率,低收入国家平均卡路里供给量即将突破2600 kal,未来随着人均收入的持续增加,其供给量势必将达到2700 kal正常标准之上,全球也在逐渐摆脱饥饿问题,真正从“吃饱”走向“吃好”。

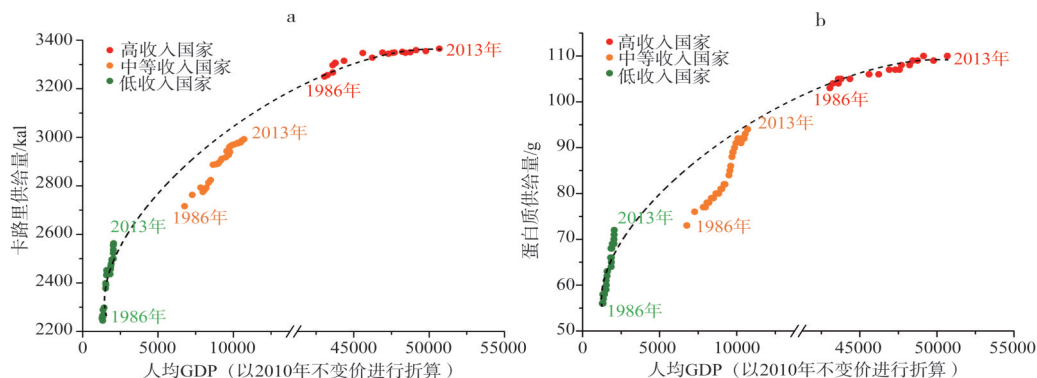


图6 1986—2013年人均GDP与食物热值和蛋白质变化关系

Fig. 6 The change relationship of per capita GDP and food calories and protein from 1986 to 2013

3 结论与讨论

3.1 结论

本文基于食物供给量、生产量及贸易量,以热量、蛋白质等食物营养元素为单位进行折算,分析食物的可及性及自给率,根据食物生产量与供给量的差值来分析食物相对贸易量。利用1986—2013年食物贸易数据分析全球食物贸易在平衡食物供给与需求方面的作用,同时测算28年来人均热量(卡路里)与蛋白质供给量的变化。通过食物贸易视角分析全球食物安全问题,发现随食物贸易进程的加快,全球已经逐渐从食物短缺走向膳食均衡,主要结论如下:

(1) 1986—2013年,全球食物总产量从 $56.8 \times 10^8 \text{ t}$ 上升至 $99.7 \times 10^8 \text{ t}$,增加了0.75倍;全球食物贸易量从 $10.5 \times 10^8 \text{ t}$ 增加到 $26.3 \times 10^8 \text{ t}$,增加1.5倍。28年来贸易量在产量中的比例增加了8个百分点左右,相当于 $7.9 \times 10^8 \text{ t}$ 食物进入国际市场,而新增贸易中的粮食产品

包含了大量以改善膳食结构为目的的肉、蛋、奶类产品。全球食物贸易进程的加快不仅表现在贸易量有所增加,而且贸易种类更加丰富。

(2) 以食物供给量表示食物的可及性发现,28年来总体呈上升趋势,到2013年超过60%的人口达到了卡路里摄入量大于2700 kal的营养标准。1986年39%的全球人口自给水平低于2200 kal,到2013年这一比例已下降至13%,全球食物自给水平正在稳步上升。

(3) 食物可及性、自给率、贸易量都存在地域分异。欧美、澳大利亚、俄罗斯等国是食物可及性与自给率的高值地区,撒哈拉以南的非洲、南亚及中美洲的部分国家是低值地区。高值地区多以食物出口为主,低值地区则以进口为主。我国食物生产量与供给量已达到2700 kal的正常标准,糖料、肉类及油料等的消费量逐步增加,饮食结构逐渐发生变化。

(4) 分析以食物贸易矩阵构建的全球食物贸易网络发现,该网络28年来变化较快,贸易国家从集中于几个大国之间转变为绝大多数国家,食物贸易种类更加多元化,贸易网络更加复杂化。到2013年,中国成为全球最大进口国,美国则是全球最大出口国,主要的贸易连线为美一中、巴一中连线。食物贸易逐渐成为平衡食物供需的重要手段。

(5) 随着食物供需关系的变化与食物贸易的加速,人均每天热量与蛋白质的供给量增加。低收入国家增速最快,中等收入国家增速次之,高收入国家增速最慢。尽管低收入国家人均热量供给量的平均水平已经达到2600 kal,但是非洲、东南亚的一些欠发达国家仍未达到最低的营养标准,全球仍有一部分人处于营养不良状态。

3.2 讨论

(1) 食物贸易是调节食物时空供需不均的有效途径。随着全球经济一体化的深入,食物贸易量势必将持续增加,在改善食物供给方面作用尤为重要。因此,资源稀缺国家或人口大国需要充分利用国际食物贸易来填补国内需求的缺口,非洲部分处于温饱线以下的国家更加需要食物贸易来改善本国的吃饭问题。

(2) 食物是人民生活的必需品,没有不行,多了无益。它的供求缺乏弹性,供给上要有连续性和均衡性。储存、贸易都是保证供给的手段,久储远运会造成一定的损耗,特别是含水量较高的产品,需要及时消费。这些特点都给食物安全保障带来了较大的影响,成为从食物短缺到膳食均衡过程中需要考虑的问题。

(3) 28年来,我国的食物可及性与食物自给率都有较大的提升,食物生产与消费已经基本达到正常的营养标准之上。但我国人口基数大,食物供给缺口将随着饮食结构逐渐转变而持续增大,食物供给的结构性矛盾突出。对外,需要发挥我国食物出口的比较优势,逐步扩大蔬菜、水果等的出口,适当控制油料等的进口;对内,加快食物供给侧结构改革,以缓解食物供需结构性矛盾。

(4) 全球食物营养水平在逐步提高,人均每天卡路里与蛋白质的供给与消费量逐渐增加,发达国家已经达到3200 kal的水平之上。但近年来,发达国家普遍出现了营养供给过剩问题,造成了大量的肥胖症等富贵病,严重影响了饮食健康与营养均衡。因此,需要在保证达到正常营养标准的基础之上,树立一个合理、健康、绿色的饮食观念。

(5) 全球食物消费过程中大约有12%的食物被浪费,食物浪费不仅存在于生产、流通、加工、贮存环节,更多的是在日常饮食中的餐桌浪费,特别是我国每年餐饮食物浪费量约为1800万t,相当于5000万人一年的口粮^[32]。因此需要保障食物营养元素充分进入人体,杜绝食物过剩与食物浪费,以避免不合理的损失,树立新时代粮食安全观。

参考文献(References):

- [1] The World Bank. World development report 2008: Agriculture for development. <http://siteresources.worldbank.org/INTWDRS/Resources/477365-1327599046334/8394679-1327614067045/WDROver2008-ENG.pdf>, 2007-10-19.
- [2] FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/default.aspx>, 2016.
- [3] GODFRAY H C J, BEDDINGTON J R, CRUTE I R, et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 2010, 327(5967): 812-818.
- [4] UN (2011) World Population Prospects. The 2010 Revision, Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations (UN) Secretariat.
- [5] ERISMAN J W, SUTTON M A, GALLOWAY J, et al. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience*, 2008, 1(10): 636-639.
- [6] LEEMANS H B J, GROOT R S D. Millennium ecosystem assessment: Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. *Physics Teacher*, 2003, 34(9): 534-534.
- [7] ROCKSTROM J, STEFFEN W, NOONE K, et al. A safe operating space for humanity. *Nature*, 2009, 461(7263): 472-475.
- [8] ROSEGRANT M W, RINGLER C, ZHU T. Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 2009, 34(1): 205-222.
- [9] FOLEY J A, RAMANKUTTY N, BRAUMAN K A, et al. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 2011, 478(7369): 337-342.
- [10] 肖国举, 张强, 王静. 全球气候变化对农业生态系统的影响研究进展. *应用生态学报*, 2007, 18(8): 1877-1885. [XIAO G J, ZHANG Q, WANG J. Impact of global climate change on agro-ecosystem: A review. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(8): 1877-1885.]
- [11] SATTERTHWAITE D, MCGRANAHAN G, TACOLI C. Urbanization and its implications for food and farming. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 2010, 365(1554): 2809-2820.
- [12] ANDERSON K. Government trade restrictions and international price volatility. *Global Food Security*, 2012, 1(2): 157-166.
- [13] BRAUN J V. The world food situation: New driving forces and required actions. International Food Policy Research Institute. Washington D C, 2007.
- [14] CONWAY G. The doubly green revolution: Food for all in the twenty-first century. *Quarterly Review of Biology*, 1999, 24(2): 394-395.
- [15] 王祥, 强文丽, 牛叔文, 等. 全球农产品贸易网络及其演化分析. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 940-953. [WANG X, QIANG W L, NIU S W, et al. Analysis on global agricultural trade network and its evolution. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 940-953.]
- [16] 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.]
- [17] 郭华, 王灵恩. 国外食物系统研究综述及借鉴. *自然资源学报*, 2018, 33(6): 992-1002. [GUO H, WANG L E. A review of food system research abroad. *Journal of Natural Resources*, 2018, 33(6): 992-1002.]
- [18] DELGADO C L. Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *Journal of Nutrition*, 2003, 133(2): 3907-3910.
- [19] 黄季焜, 杨军, 仇焕广. 中国主要农产品供需变动趋势预测分析. 北京: 清华大学, 2013. [HUANG J K, YANG J, QIU H G. Forecast analysis of supply and demand of major agricultural products in China. Beijing: Tsinghua University, 2013.]
- [20] KONING N B J, ITTERSUM M K V, BECX G A, et al. Long-term global availability of food: Continued abundance or new scarcity?. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 2008, 55(3): 229-292.
- [21] PARRY M L, ROSENZWEIG C, IGLESIAS A, et al. Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 2004, 14(1): 0-67.
- [22] GREGORY P J, INGRAM J S, BRKLACICH M. Climate change and food security. *Philosophical Transactions Biological Sciences*, 2005, 360(1463): 2139-2148.
- [23] HOWDEN S M, SOUSSANA O, TUBIELLO F N, et al. Climate change and food security special feature: Adapting agriculture to climate change. *PNAS*, 2007, 104(50): 19691-19696.
- [24] TILMAN D, BALZER C, HILL J, et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *PNAS*, 2011, 108(50): 20260-20264.

- [25] MIINA P, MATTI K, STEFAN S, et al. From food insufficiency towards trade dependency: A historical analysis of global food availability. *PLOS ONE*, 2013, 8(12): 1-12.
- [26] ROSEGRANT M W, CLINE S A. Global food security: Challenges and policies. *Science*, 2003, 302(5652): 1917-1919.
- [27] 罗其友, 米健, 高明杰. 中国粮食中长期消费需求预测研究. *中国农业资源与区划*, 2014, 35(5): 1-7. [LUO Q Y, MI J, GAO M J. Research on forecasting for long-term grain consumption demands in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2014, 35(5): 1-7.]
- [28] D'ODORICO P, CARR J A, LAIO F, et al. Feeding humanity through global food trade. *Earth's Future*, 2014, 2(9): 458-469.
- [29] MACDONALD G K, BRAUMAN K A, SUN S, et al. Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. *Bio-Science*, 2015, 65(3): 275-289.
- [30] GUSTAVSSON J, CEDERBERG C, SONESSON U, et al. Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- [31] KUMMU M, DE M H, PORKKA M, et al. Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 2012, 438(3): 477-489.
- [32] 中国科学院. 中国食物浪费量约为每年1700万至1800万吨. <http://www.chinanews.com/cj/2016/11-28/8076586.shtml>, 2016. [Chinese Academy of Sciences. The amount of food waste in China is approximately 17 to 18 million tons per year. <http://www.chinanews.com/cj/2016/11-28/8076586.shtml>, 2016.]

Analysis on global food supply and demand balance and its evolution from a perspective of food trade

WANG Xiang¹, NIU Shu-wen^{1,2}, QIANG Wen-li¹, LIU Ai-min³,

CHENG Sheng-kui³, QIU Xin¹, LI Fan¹

(1. College of Earth and Environmental Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Key Laboratory of Western China's Environmental Systems (Ministry of Education), Lanzhou 730000, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Food availability and self-sufficiency are represented by food supply and production, and food trade is represented by the difference. The changes of dietary nutrition can be better reflected by converting calories per person per day. The study analyzes the situation of food trade during 1986-2013. The results show that global food trade volume increased 1.5 times in the past 28 years, and food production increased 0.75 times. The proportion of trade volume in the production increased by about 8%, which is equivalent to 7.9×10^8 t of food entering the international market and has become the key to improve the dietary structure. In the past 28 years, food availability and self-sufficiency rose, and most of the world's population reached the minimum level of 2200 kal. Food availability, self-sufficiency and trade volume all showed regional differences. Some countries of Africa and South Asia were low value areas. On the whole, the daily supply of calories and protein per capita increased. Low-income countries grew fastest, followed by middle-income countries, and high-income countries grew slowest. But some underdeveloped countries in Africa still did not meet the minimum standards of nutrition, and part of world's population was still suffering from malnutrition.

Keywords: food trade; food availability; food self-sufficiency; calories; protein; co-ordination of supply and demand; dietary balance