

重庆都市区食物虚拟水核算与评价

班荣舶, 何太蓉, 舒瑞琴

(重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 400047)

摘要: 基于虚拟水理论, 核算了2001—2010年重庆都市区食物生产与消费的虚拟水, 选取食物虚拟水自给率、食物虚拟水进口依赖度和食物虚拟水压力指数3个指标对其评价。结果显示: ①食物虚拟水生产量逐年下降, 由2001年的20.05亿 m^3 下降到2010年的17.26亿 m^3 ; 食物虚拟水消费量由2001年的35.43亿 m^3 增长到2010年的43.54亿 m^3 ; 食物虚拟水净进口量在2001—2004年之间呈下降趋势, 2005年后逐年上升, 由2005年的16.39亿 m^3 增长到26.29亿 m^3 。②重庆都市区食物虚拟水进口依赖度较高, 食物虚拟水自给率逐年下降, 食物虚拟水压力指数大于100%。③在保证足够的生产能力条件下, 从区外进口食物虚拟水是社会经济发展的保障。

关键词: 虚拟水; 自给率; 进口依赖度; 压力指数; 重庆都市区

中图分类号: X24

文献标识码: A

文章编号: 1003-9511(2013)04-0001-04

“虚拟水”是由英国学者Allan最早提出的概念^[1], 虚拟水为缓解国家或区域水资源安全和粮食安全提供了一种新颖思路, 为水资源可持续利用评价提供新方法, 成为水资源及其相关领域的研究热点。近年来国内外学者从不同的区域尺度(省域、流域、市域)对虚拟水作了大量研究, 内容主要涉及6个方面: 虚拟水分类^[2]; 虚拟水量化研究^[3-5]; 虚拟水与水资源安全^[6-7]; 虚拟水与粮食安全^[8-9]; 虚拟水与耕作方式优化^[10]; 虚拟水与水足迹^[11]。这些研究成果为今后深入研究虚拟水打下坚实的理论基础, 但也有不足之处, 例如我国的虚拟水研究区域主要集中在干旱缺水的北方地区, 水资源相对丰富的南方湿润区研究较少^[12-13]。

食物包含着大量的虚拟水, 人们消费的食物虚拟水真实地反映了维持一个区域的人口基本食物需求的水资源。目前, 关于食物虚拟水研究成果的报道较少^[14-15], 尤其是我国南方都市区食物虚拟水研究未见报道。重庆都市区人口稠密, 农业规模日益缩小, 水质型水资源短缺问题突出, 食物和水资源的正常供给已成为该区社会经济可持续发展必须解决的问题之一。基于此, 本文将虚拟水理论引入到重庆都市区食物消费中, 旨在为缓解该区水资源压力

和食物供给压力寻找新途径。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文的基础数据源于2002—2011年《重庆市统计年鉴》、2001—2011年《重庆都市九区统计年鉴》; 2001—2010年重庆市水资源公报; 大量国内外对中国产品虚拟水研究成果; 食物虚拟水评价指标计算值。

1.2 研究方法

1.2.1 虚拟水理论

虚拟水是在水问题与水资源安全研究中诞生的一个新概念。虚拟水是指生产商品和服务所需要的水资源数量^[1]。它并不是真正意义上的水, 而是包含在产品和服务中无形的水, 如生产1杯250 mL的啤酒, 需要消耗75 L水^[16]。人类消费产品和服务实质上是间接地消费水资源。虚拟水具有虚拟性(虚构的水资源)、交易性、方便性(便于运输)等特点, 因此虚拟水被广泛用来缓解国家或区域水资源和粮食安全问题。

1.2.2 食物虚拟水计算方法

笔者从生产和消费角度核算食物虚拟水, 这样

基金项目: 国家自然科学基金(41001168); 重庆市科委软科学项目(CSTC2011CX-rkxA0280)

作者简介: 班荣舶(1987—), 男, 贵州紫云人, 硕士研究生, 从事环境灾害与生态保护、水资源开发管理研究。

通讯作者: 何太蓉(1973—), 女, 重庆丰都人, 教授, 博士, 主要从事自然资源与环境研究。E-mail: he_trong@263.net

可以明确食物虚拟水的进出口量以及储存量,避免虚拟水的重复计算。首先,通过 2002—2011《重庆市统计年鉴》、2002—2011《重庆都市九区统计年鉴》和文献[3,16-18]的研究成果(表 1),分别获取 10 年的食物产品产量与消费量和单位食品虚拟水含量;其次,计算各年度食物生产和消费的虚拟水总量。

虚拟水贸易是指贫水国家或地区通过贸易的方式从富水国家或地区购买水资源密集型产品(尤其是粮食)来获得水和粮食的安全^[6]。基于生产与消费,考虑虚拟水贸易,把食物虚拟水分为内部虚拟水和进口虚拟水,计算方法如下:

$$W = W_i + W_e \quad (1)$$

式中: W 为区域总食物虚拟水, W_i 为区域内部食物虚拟水, W_e 为进口食物虚拟水。其中,内部食物虚拟水量(W_i)等于区域食物生产虚拟水总量减去出口虚拟水总量,其表达式为

$$W_i = W_a + W_s - W_{dom} \quad (2)$$

式中: W_a 为农业产品(农作物产品、动物产品)虚拟水; W_s 为加工副食物虚拟水; W_{dom} 为出口食物虚拟水。

在虚拟水贸易中,用虚拟水进口总量减去虚拟水出口总量,值为正表明区域虚拟水净进口,值为负表明区域虚拟水净出口。

表 1 产品单位虚拟水量

项目	虚拟水含量/ ($m^3 \cdot t^{-1}$)	项目	虚拟水含量/ ($m^3 \cdot t^{-1}$)	项目	虚拟水含量/ ($m^3 \cdot t^{-1}$)
稻米	1972	水果	706	牛奶	1000
小麦	690	茶叶	11110	水产品	5000
大豆	2617	猪肉	2211	糕点	4157
油菜籽	5608	牛肉	12560	食糖	1805
花生	3200	羊肉	5202	白酒	3071
红苕	230	兔肉	3994	啤酒	300
蔬菜	143	禽肉	3652		
甘蔗	2032	禽蛋	3550		

注:表中产品均为成品,兔肉用文献[16]中的山羊肉虚拟水代替。

1.2.3 食物虚拟水评价指标

水资源评价指标很多,但评价指标必须遵循科学性、系统性、可比性等原则。笔者在参考文献[16]的基础上,结合重庆都市区的水资源、人口和农业生产的实际,尝试应用 3 个指标评价食物虚拟水(表 2)。

表 2 食物虚拟水评价指标

指标	量化方法	指标含义
食物虚拟水自给率	区域内部食物虚拟水/ 区域总食物虚拟水	反映区域使用本地食物虚拟水资源程度
食物虚拟水进口依赖度	区域进口食物虚拟水/ 区域总食物虚拟水	反映区域依赖食物虚拟水进口程度
食物虚拟水压力指数	总食物虚拟水/区域可 用水资源量	反映区域生产食物需水量对可用水资源量的作用强度

表 2 中,指标“食物虚拟水自给率”的值越大,表明区域对本区水资源利用程度越高;指标“食物虚拟水进口依赖度”的值越大,表明区域对区外进口水资源依赖程度越高;指标“食物虚拟水压力指数”的值越大,说明本区域水资源承载压力越大,当指标大于 100% 时,说明本地区生产食物需要的水资源大于可用水资源量,水资源系统超载。

2 结果与分析

2.1 食物虚拟水计算结果与分析

根据重庆都市区食物生产量和城乡居民食物消费量,结合式(1)、式(2)和前述的虚拟水量化方法,计算出 2001—2010 年重庆都市区食物虚拟水结果,然后作出动态变化图(图 1)。从图 1 可以看出,在研究时段内,重庆都市区食物虚拟水消费量远远大于生产量,需要从区外进口食物虚拟水,以缓解食物压力。

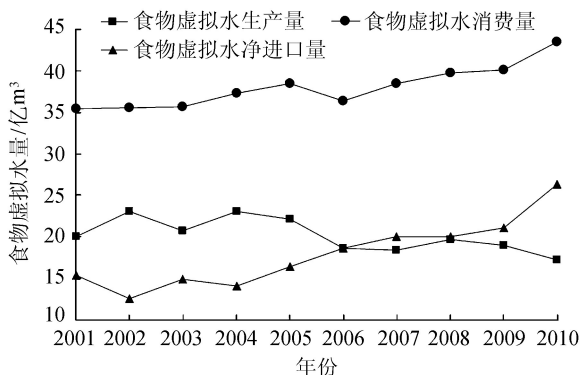


图 1 重庆都市区食物虚拟水动态变化

2.1.1 食物虚拟水生产量分析

根据图 1,重庆都市区食物虚拟水生产量波动较大,总体呈下降趋势,由 2001 年的 20.05 亿 m³ 下降到 2010 年的 17.26 亿 m³。原因之一是该区城市化进程加快,城市建设用地面积不断增加,耕地面积锐减,农作物播种面积减少,造成农作物产量下降;其二是养殖业规模逐年缩小,农畜产品量减少。2006 年的食物虚拟水生产量与 2005 年的相比,下降了 16.00%,其原因是 2006 年遭特大旱灾影响,重庆都市区的农业产量大幅度下降。

2.1.2 食物虚拟水消费量分析

从图 1 看出,重庆都市区食物虚拟水消费量整体呈上升趋势。2001—2005 年食物虚拟水消费量一直上升;而 2006 年有所下降,原因是受 2006 年的旱灾影响,重庆都市区部分虚拟水含量高的农产品产量减少,同时进口虚拟水含量高的食物产品量变化不大,一定程度上减少了人们对虚拟水含量高的食物消费量;2007 年之后,食物虚拟水消费量直线

上升,其原因是人口增长较快,主要表现在外来务工人员增多和高校对外扩招,同时人们对植物油、肉类、禽蛋、鱼虾等虚拟水含量高的食物消费量不断增加。

2.1.3 食物虚拟水净进口量分析

食物虚拟水净进口量随食物虚拟水进口量和出口量的变化而变化。2001—2004年呈现下降和上升状况。2004年后食物虚拟水净进口量以年均9.00%的速度一直上升,由2004年的14.14亿 m^3 上升到2010年的26.29亿 m^3 ,说明该区的食物虚拟水生产量不能满足人们的需求,需要依赖区外进口来保障食物供给安全。原因之一是该区人口增长快,食物需求量大,人们的生活水平不断提高,整个食物消费在向营养丰富和结构合理的方向过渡,肉类、奶类、禽蛋、水产品等虚拟水含量高的食物消费增加,而该区这些食物生产量小。其二是本区域的食物产量下降;第三是重庆都市区的渝中区没有农业生产,食物依靠区外进口。

2.2 重庆都市区食物虚拟水评价

根据重庆都市区食物虚拟水计算结果和指标量化方法,计算2001—2010年各指标值,然后作出动态变化图(图2)。

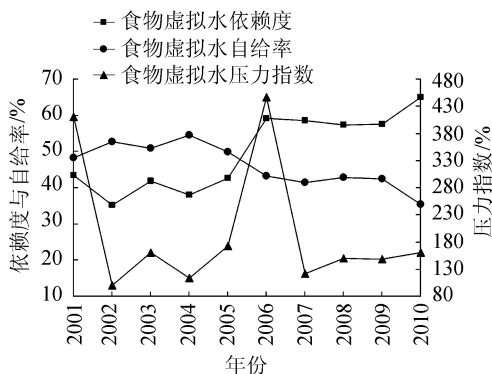


图2 重庆都市区食物虚拟水评价指标值动态变化

2.2.1 食物虚拟水自给率分析

在研究时段内,食物虚拟水自给率分为上升和下降两个阶段。2001—2004年为上升阶段,由2001年的48.23%上升到2004年的54.25%;2004—2010年处于下降阶段,由2004年的54.25%下降到2010年的35.29%,说明该区的食物虚拟水生产量逐年减少,从区外进口食物虚拟水已成为解决食物安全的重要途径。

2.2.2 食物虚拟水进口依赖度分析

食物虚拟水进口依赖度受生产量和人口的变化而变化,人口增长和生产量下降会使依赖度上升。2001—2010年该区食物虚拟水进口依赖度均高于30%,在2001—2004年间出现下降和上升交替;

2004—2006年上升较快。2007—2009年较平稳,在57%~59%之间波动,2010年上升到最大值65.04%。上述说明区外进口的食物虚拟水是重庆都市区食物虚拟水的重要组成部分,进口的食物虚拟水为缓解该区的水资源紧缺形势贡献较大。

2.2.3 食物虚拟水压力指数分析

从图2可以看出,在研究时段内食物虚拟水压力指数均大于100%,说明该区生产食物所消耗的水资源量大于可用水资源量,强调的是,作物生产以消耗天然降水(绿水)为主,对本区可利用水资源影响不大,但不可忽视食物虚拟水压力带来的影响。2001年和2006年出现大旱,水资源量比常年少,压力指数均超过400%,2002年、2004年和2007年水资源较常年多,食物虚拟水压力指数相对稍低。食物虚拟水压力指数过高,说明农业结构和消费结构存在不合理性,应该调整农畜产品生产结构和改变人们消费结构,降低对本区水资源的耗费,同时从区外进口食物,缓解水资源紧张状态。

3 结论与讨论

3.1 结论

笔者立足虚拟水理论,核算并评价了2001—2010年重庆都市区食物虚拟水变化状况,得出如下结论:

a. 受人口增长和消费水平的提高以及农业规模缩小的影响,重庆都市区食物虚拟水生产量逐年下降,由2001年的20.05亿 m^3 下降到2010年的17.26亿 m^3 ;食物虚拟水消费量由2001年的35.43亿 m^3 增长到2010年的43.54亿 m^3 ;食物虚拟水净进口量由2001年的15.38亿 m^3 增长到26.29亿 m^3 。

b. 食物虚拟水自给率逐年下降;重庆都市区食物虚拟水进口依赖度高于30%;食物虚拟水压力指数大于100%,且受当地可利用水资源影响较大。

3.2 讨论

重庆都市区城镇化进程加快,人口增多,农业规模日益缩小,这导致了该区食物虚拟水生产量下降,消费量远远大于生产量,食物虚拟水依赖于区外进口。通过研究发现,进口的食物虚拟水缓解了该区的食物压力,但是过度依赖食物进口,会产生一些负面影响,例如缩小本地的农业生产规模而造成本地农民失业,同时会引起粮食安全危机进而影响社会稳定。针对重庆都市区食物消费实际,在不影响人们对食物营养需求的条件下,可以从以下几个方面来考虑缓解虚拟水压力:

a. 从保障区域安全的角度看,需要从根本上解决重庆都市区农产品生产水资源不足问题。该区的

农业为雨养型,应该加强农业集水工程基础设施,如修筑水库、沟渠等。推广优质高产低耗水农作物,保证一定的粮食、蔬菜、水果等供给;动物饲养方面减少不必要的饲料和水资源浪费。

b. 合理调整饮食结构,在保证营养需求的条件下,提倡消费虚拟水含量低的食物,适当降低虚拟水含量高的食物消费,如肉类、禽蛋、水产品等。

c. 实施虚拟水战略。区域性水资源的短缺问题确实可以通过农产品的适量进口得到补偿^[19]。由于水资源利用机会成本的区域差异性,虚拟水战略在解决区域性水安全问题的同时,还包含着区域内和区域间水资源优化配置的涵义^[20]。虚拟水战略需考虑运输成本和交通便捷性。重庆都市区水、陆、空交通便利,从水资源相对丰富的地区适当进口食物,尤其是虚拟水含量高的食物,这样既缓解食物虚拟水压力,同时优化了重庆都市区和区外水资源的配置。

参考文献:

[1] ALLAN J A. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible [M]//ODA. Priorities for water resources Allocation and Management. London: ODA, 1993: 13-26.

[2] CHAPAGAIN A K, HOEKSTRA A Y, SAVENIJE H G, et al. The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries[J]. Ecological Economics, 2006, 60: 186-203.

[3] 徐中民, 龙爱华, 张志强. 虚拟水的理论方法及在甘肃省的应用[J]. 地理学报, 2003, 58(6): 861-869.

[4] 王红瑞, 董艳艳, 王军红, 等. 北京市农作物虚拟水含量分布[J]. 环境科学, 2007, 28(11): 632-637.

[5] 李亚娟, 赵军. 农畜产品虚拟水计算与虚拟水战略研究[J]. 人民黄河, 2012, 34(12): 59-62.

[6] 程国栋. 虚拟水: 中国水资源安全战略的新思路[J]. 中国科学院院刊, 2003(4): 260-265.

[7] LMA C L. "Virtual water and Occam's Razor by Stephen Merreu and" virtual water-the water, food and trade Nexus: useful concept or misleading metaphor by pony allan[J]. Water International, 2003, 28(1): 11-13.

[8] 柳长顺, 陈献, 刘昌明, 等. 虚拟水交易: 解决中国水资源短缺与粮食安全的一种选择[J]. 资源科学, 2005, 27(2): 10-15.

[9] 邹君, 胡娟, 杨玉蓉. 中国粮食生产与消费中的虚拟水平衡动态变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(1): 185-188.

[10] 秦丽杰, 靳英华, 常永智, 等. 虚拟水视角下吉林省西部玉米耕作方式优化[J]. 地理研究, 2012, 31(8): 1457-1464.

[11] 盖力强, 谢高地, 李士美, 等. 华北平原小麦、玉米作物生产水足迹的研究[J]. 资源科学, 2010, 32(11): 2066-2071.

[12] 王双英, 陆文聪. 江西虚拟水消费与贸易研究: 基于投入产出分析[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(8): 934-937.

[13] 罗贞礼, 黄璜. 红三角地区农产品虚拟水的计算分析[J]. 冰川冻土, 2005, 27(3): 426-431.

[14] 吴燕, 王效科, 逯非. 北京市居民食物消耗生态足迹和水足迹[J]. 资源科学, 2011, 33(6): 1145-1152.

[15] 梅婷, 秦丽杰. 吉林市城乡居民膳食消费的水足迹研究[J]. 水利经济, 2013, 31(1): 10-14.

[16] CHAPAGAIN A K, HOEKSTRA A Y. Water footprints of nations[C]//Value of Water Research Report Series No. 16. Delft: UNESCO-IHE, 2004: 1-80.

[17] 邓晓军, 谢世友, 王新华. 重庆市 2004 年的水足迹分析[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(5): 593-597.

[18] MEKONNEN M M, HOEKSTRA A Y. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products [C]//Value of Water Research Report Series No. 47. Delft: UNESCO-IHE, 2010: 17-20.

[19] YANG H, ZEHNDER A J B. Water seareity and food import: a case study for southern Mediterranean countries [J]. World Development, 2002, 30(8): 1413-1430.

[20] 杨振, 牛叔文, 焦继荣, 等. 虚拟水战略与民勤绿洲可持续发展问题研究[J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2005, 41(5): 10-13.

(收稿日期: 2013-02-28 编辑: 张志琴)

