DOI:10.3969/j.issn.1003-9511.2013.01.003

吉林市城乡居民膳食消费的水足迹研究

梅 婷,秦丽杰

(东北师范大学城市与环境科学学院,吉林 长春 130024)

摘要:根据吉林市 1998—2009 年城乡居民膳食消费量,分析城乡居民膳食消费的水足迹及其特征。通过设计不同情境的居民膳食调整方案,比较其节水效果,提出减少肉类食品消费量、增加蔬菜类消费量、少消费水资源密集型产品、缓解膳食消费对水资源的压力等建议。

关键词:膳食消费;水足迹;膳食结构调整;吉林市

中图分类号:X24 **文献标识码**:A **文章编号**:1003-9511(2013)01-0010-05

水资源是人类赖以生存和发展的基本要素和战略资源,水资源短缺已成为许多国家和地区社会经济可持续发展的瓶颈。过去人们只注重生产、生活用水,而居民的膳食消费与水资源保护密切相关。虚拟水理论的提出为粮食安全与水资源安全研究提供了一种新思路[1-9]。2002 年 Hoekstra 进一步提出了"水足迹"概念[10],用以描述人类消费对水资源系统的影响,任何已知人口(一个人、一个城市、一个区域或全球)的水足迹是生产这些人口消费的产品所需要的水资源数量。水足迹可以真实地反映一个人、一个地区或一个国家对水资源的真实需求和真实占用情况。本文通过对吉林市城乡居民膳食消费的水足迹的量化及分析,探讨吉林市城乡居民膳食消费的水足迹特征及膳食结构改变对水足迹的影响。

1 研究区概况

吉林市地处东北腹地,长白山脉向松嫩平原过渡地带的松花江畔,位于 42°31′~44°40′N, 125°40′~127°56′E。吉林市是吉林省的第二大城市,同时也是我国重要的化工工业基地。总面积 27 120 km^2,其中耕地面积 3 959.16 km^2,占总面积 14.59%。辖 6 区(昌邑区、船营区、龙潭区、丰满区、高新区、经开区)、5 县市(永吉县、舒兰市、磐石市、蛟河市、桦甸市)。总人口 451 万,其中市区人口大约 200 万。

吉林市属于温带大陆性季风气候,四季分明。春季干旱少雨,夏季温热多雨,秋季凉爽多晴,冬季寒冷多雪。吉林市境内水系发达,由松花江、拉林河、牡丹江 3 个水系的部分河段和支流组成。10 km 以上河流 277 条,20 km 以上的 73 条。松花江水系在吉林市境内流域面积为 22 336 km^2,占全市总面积的 84%。地表水资源较丰富,但空间分布不均。地表水资源量为 $165\times10^8 m^3$,地下水资源量为 $7\times10^8 m^3$。

2 膳食虚拟水量化

2.1 数据来源

本文研究所需的吉林市农作物产量来源于《吉林省统计年鉴》,吉林市城乡居民家庭平均每人每年购买的主要膳食量来源于《吉林市社会经济统计年鉴》,吉林市气象数据来源于中国气象局国家气象信息中心。计算各种农作物的虚拟水时,所需作物系数 k_c 借助于联合国粮农组织提供的 Cropwat 8.0 软件中的数据。

2.2 单位质量膳食虚拟水含量

单位质量农作物产品的虚拟水含量等于作物生育期需水量除以作物单位面积的产量,而作物生育期需水量通常由联合国粮农组织推荐的彭曼公式和相应作物系数计算得到。单位质量动物产品虚拟水含量主要通过计算动物生命周期内饲料生产用水、饮用水、宰杀加工用水量之和除以动物产品重量,如果从一种动物可以得到多种产品,则需要引入价值因子和产量因子,将总的用水量在不同产品之间分配[4,11-13]。本文中的农作物产品虚拟水含量均以消费地的角度来计算,也就是作物实际消费地的用水量和产量比值。动物产品的虚拟水含量参考联合国

基金项目:教育部人文社会科学规划基金(10YJA840032);吉林省教育厅社会科学项目(2007552)

作者简介:梅婷(1989—),女,河南信阳人,硕士研究生,主要从事水资源与水环境研究。

粮农组织 FAOSTAT 数据库中有关中国动物虚拟水含量的计算数据。

本文选取了粮食、蔬菜、油脂类、猪肉、牛羊肉、禽肉、鸡蛋、水产品、白酒、啤酒、茶叶和奶类等城乡居民主要膳食消费品,其虚拟水含量如表 1 所示。

表 1　单位质量膳食消费品虚拟水含量　m^3/kg

膳食消费品	单位质量虚拟水含量	膳食消费品	单位质量虚拟水含量
粮食	1.16	蛋类	3.30
油脂类	7.40	水产品类	5.00
猪肉	4.80	蔬菜类	0.35
牛肉	16.91	酒类	1.10
羊肉	2.78	茶叶	11.11
家禽	3.90	奶类	2.20

3　居民膳食消费的水足迹特征

根据 1998—2009 年吉林市城乡居民膳食消费数据,量化城乡居民膳食消费的水足迹,并分析、比较其特征。

3.1　城市居民膳食消费的水足迹

根据吉林市城市居民膳食消费量和各项产品虚拟水含量,量化 1998—2009 年城镇居民人均膳食消费水足迹,结果见表 2。

1998—2009 年吉林市城市居民人均膳食消费的水足迹先升后降,2005 年达到最大值。粮食消费的水足迹呈下降趋势,其中 2005—2008 年下降速度较快,但在 2009 年又略有回升。牛羊肉和油脂类消费的水足迹整体呈上升趋势,但是 2005—2008 年的消费量有所下降,但总体消费量比 1998—2002 年消费量大;其他各类产品(如家禽、蛋类、猪肉、水产品、蔬菜类、茶叶)消费的水足迹基本保持稳定或略有上升。在膳食消费的水足迹中,粮食、牛羊肉、油脂类所占比重较高,而茶叶和酒类比重较低。以 2005 年为例(图 1),在城市居民膳食消费的水足迹中,粮食消费占 18.21%,肉食类(猪肉、牛羊肉、家禽)消费占 31.27%,油脂类消费占 15.94%。

3.2　农村居民膳食消费的水足迹

根据吉林市农村居民膳食消费量和各项产品虚拟水含量,量化 1998—2009 年农村居民人均膳食消费水足迹,结果见表 3。

1998—2009 年吉林市农村居民人均膳食消费的水足迹波动不大,基本保持稳定,其中粮食消费的水足迹呈下降趋势,但在 2004—2008 年波动较大。由于在农村居民膳食消费的水足迹中,粮食消费的水足迹占绝对比重,因此,膳食消费的水足迹变化与粮食消费的水足迹变化基本保持一致。

表 2　城市居民人均膳食消费水足迹　$m^3/人$

年份	粮食	油脂类	猪肉	牛羊肉	家禽	蛋类	水产品类	蔬菜类	酒类	茶叶	奶类	合计
1998	116.09	64.23	53.86	75.02	12.71	37.13	49.65	47.81	12.84	0.33	0	469.67
1999	113.66	68.82	61.06	64.19	11.04	38.08	48.45	44.56	12.11	0.21	0	462.18
2000	113.68	72.37	60.86	67.93	13.34	38.71	47.65	45.15	12.03	0.11	0	471.83
2001	114.78	81.40	58.46	61.49	10.73	36.56	46.45	46.14	10.58	0.11	0	466.70
2002	114.42	84.36	74.30	57.23	14.04	38.81	72.00	45.91	14.12	0	0	515.19
2003	116.93	99.46	76.03	58.78	16.38	44.75	48.60	43.97	14.92	0	0	519.82
2004	107.33	79.55	62.40	74.12	14.47	35.64	38.35	48.92	11.40	0.21	45.03	517.42
2005	114.29	100.05	69.17	103.25	23.87	49.47	51.60	53.09	16.79	0.63	45.54	627.75
2006	91.05	87.02	71.90	92.16	22.43	50.23	47.75	48.26	17.58	0.47	46.20	575.05
2007	77.00	88.21	58.37	85.85	13.88	40.79	48.35	41.30	14.01	0.32	39.01	507.09
2008	75.47	88.95	54.48	78.76	15.33	41.02	43.05	44.51	20.33	0.47	32.60	494.97
2009	94.63	90.58	69.17	87.14	19.31	49.47	49.95	47.20	21.24	0.42	25.89	555.00

表 3　农村居民人均膳食消费水足迹　$m^3/人$

年份	粮食	油脂类	猪肉	牛羊肉	家禽	蛋类	水产品类	蔬菜类	酒类	茶叶	奶类	合计
1998	326.81	59.50	32.74	19.46	9.48	27.16	17.05	49.14	12.28	0	0	553.62
1999	343.73	50.47	42.72	9.93	8.42	24.62	18.55	51.21	13.42	0	0	563.07
2000	316.71	53.87	39.02	6.19	9.91	25.87	18.85	51.44	15.73	0	0.51	538.10
2001	265.71	48.84	37.58	9.54	8.50	18.58	19.75	49.21	15.57	0	0.44	473.72
2002	296.59	54.39	47.42	37.12	8.66	34.58	20.45	49.61	15.27	0	0.95	565.04
2003	280.67	65.71	46.70	6.06	10.80	24.35	21.95	41.27	15.93	0.56	1.43	515.43
2004	279.77	66.60	41.23	9.15	16.58	27.56	22.45	52.41	16.58	0.44	2.29	535.06
2005	221.50	62.60	64.42	30.94	13.38	34.55	22.90	49.01	16.79	0.44	3.56	520.09
2006	295.60	54.61	46.51	10.83	10.88	23.93	23.00	56.59	18.16	0.67	5.70	546.48
2007	205.90	62.83	37.34	13.92	14.55	21.58	23.30	51.77	17.09	0.56	6.80	455.64
2008	294.01	62.83	42.43	10.83	14.47	26.07	22.75	51.77	17.29	0.44	6.69	549.58
2009	251.40	65.12	44.78	11.47	16.58	26.76	21.70	38.22	19.77	0.56	6.14	502.50

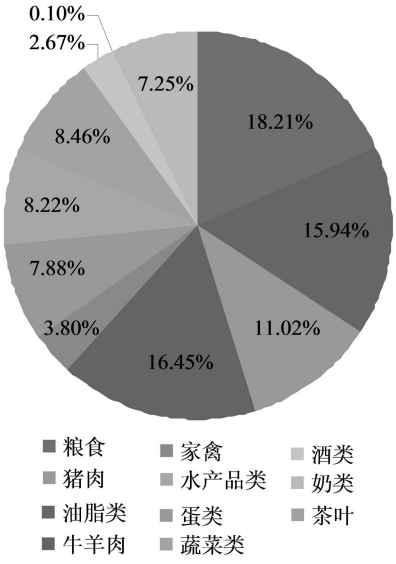

图 1　2005 年城市居民膳食消费的水足迹比例

从各项产品消费的水足迹在总膳食消费的水足迹中所占比重来看,粮食比重最高,其他如家禽、蛋类、水产品的比重则较低。以 2005 年为例(图 2),粮食消费水足迹占 42.59%,肉食类消费水足迹占 20.91%,油脂类占 12.04%。

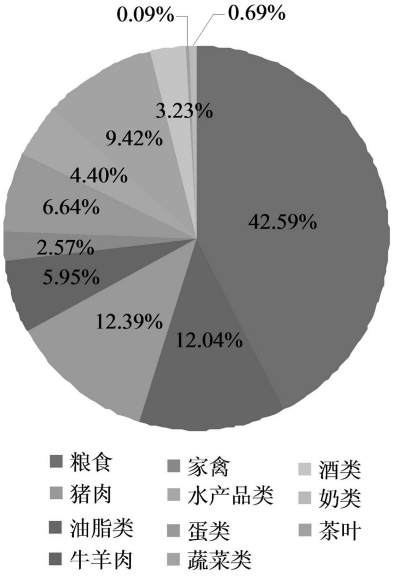

图 2　2005 年农村居民膳食消费的水足迹比例

3.3　城乡居民膳食消费的水足迹比较

3.3.1　膳食消费水足迹的差异性

1998—2009 年吉林市城乡居民人均膳食消费的水足迹相差不大,差距最大的一年是 2005 年,为 107.66 m^3/人。农村居民人均粮食消费的水足迹明显高于城市居民,差距最大的年份是 1999 年,达到 230.07 m^3/人,差距最小的年份是 2005 年,为 107.21 m^3/人。农村居民人均粮食消费的水足迹占总膳食消费水足迹的比重高于城市居民,2006 年相差最大,比重分别为 15.83% 和 54.09%。城市居民人均肉类消费的水足迹明显高于农村居民,12 年中最大值达 106.73 m^3/人(2006 年),最小值为 46.99 m^3/人(2002 年)。城市居民人均肉类消费的水足迹的比重均高于农村居民,相差最大年份为 2006 年,比重分别为 27.30% 和 8.40%。

3.3.2　膳食消费水足迹的多样性

利用 Ulanowicz[14] 和 Templet[15] 的多样性研究成果,计算城乡居民膳食消费水足迹的多样性指数。各种膳食消费的水足迹分配越接近平等,多样性指数越高,膳食消费的多样性指数反映了消费水平的高低。膳食消费的水足迹多样性指数计算公式为

$$H = -\sum_i [P_i \ln P_i]$$

式中:H 为膳食消费的水足迹多样性指数;i 为各种消费品,主要包括粮食、猪肉、牛肉、羊肉、蛋类、水产类、菜类等;P_i 为第 i 种消费品的水足迹占总水足迹的比例。

1998—2009 年吉林市城乡居民膳食消费的水足迹多样性指数如图 3 所示。

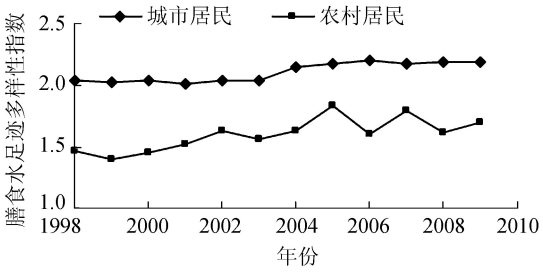

图 3　城乡居民膳食消费水足迹多样性指数

1998—2009 年吉林市城市居民膳食消费的水足迹多样性指数逐年平稳上升,农村居民膳食消费的水足迹多样性指数整体呈上升趋势,但波动较大。城市居民膳食消费的水足迹多样性指数均高于农村居民,但差距在逐渐缩小,差值最大年份为 1999 年,最小年份为 2005 年。12 年中,城乡居民膳食消费的水足迹多样性指数不断增加,说明在满足居民膳食需求的同时,居民膳食消费的种类在不断增加,尤其是农村增长较快,使膳食消费种类的水足迹越来越趋于均衡,吉林市城乡居民的生活水平在逐步提高。

3.3.3　膳食消费水足迹的不公平性

不同群体的水足迹消费存在着不公平性。借鉴经济学中基尼系数的计算方法[16],城乡居民膳食消费的水足迹不公平系数的计算公式为

$$G_{VW} = \frac{1}{2n^2 u}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n} |W_j - W_i| \quad (i, j = 1, 2, \cdots, n)$$

式中:G_{VW} 为膳食消费水足迹不公平系数;u 为各群体膳食消费水足迹的平均值;W_i,W_j 为各群体膳食消费的水足迹;n 为群体分组。

基尼系数值变化在0~1之间,0表示分配完全公平,1则代表分配的绝对不公平。按照国际有关组织的规定,基尼系数小于0.2表示收入的绝对平均;0.2~0.3表示比较平均;0.3~0.4表示相对合理;0.4~0.5表示分配的差距较大;0.6以上表示分配差距悬殊[17]。由于当前缺少关于水足迹消费不公平性划分的界定,本文采用基尼系数的划分方法。

1998—2009年吉林市城乡居民人均膳食消费水足迹不公平系数的平均值为0.136,最大值为0.271(1999年),最小值为0.012(2003年)。表明吉林市城乡居民膳食消费的水足迹存在差异,但差距不大,即不公平现象并不明显。

4 膳食结构改变对水足迹的影响

居民消费不同的膳食,同时亦消费了不同的水资源。单位质量肉类产品的需水量一般均大于植物性产品,表1中单位质量牛肉的虚拟水含量是蔬菜的48.31倍。若大幅度提高肉类产品的消耗,将会增加水资源的压力。因此,可以通过改变膳食结构来减少水资源的消费。在保证卡路里一定的前提下(1 kg肉类卡路里=9.6 kg蔬菜卡路里)[18],调整蔬菜和肉类的相应比例,比较不同膳食消费模式下水足迹的节约量。本文设定4种膳食结构调整方案(表4),从模式1到模式4,不断减少肉类消费,增加蔬菜类消费。

表4 膳食结构调整方案

情景设定	内容
模式1	肉类减少1/5,蔬菜类增加1.92
模式2	肉类减少1/4,蔬菜类增加2.40
模式3	肉类减少1/3,蔬菜类增加3.20
模式4	肉类减少1/2,蔬菜类增加4.80

将4种膳食消费调整模式的水足迹分别与现有膳食消费的水足迹相比较,分析城市居民与农村居民的水足迹变化,如表5、表6所示。

适当减少肉类消费、增加蔬菜消费,可以在一定程度上降低水足迹。在4种膳食调整模式中,模式4节约的水资源量最大,模式1最小,模式2和模式3居中。1998—2009年城市居民膳食消费模式1水足迹与现有膳食消费的水足迹相比可减少32.56~63.14 m^3/人,模式2可减少40.94~75.83 m^3/人,模

表5 城市居民不同膳食消费模式下的水足迹 m^3/人

年份	模式1			模式2		模式3		模式4	
	原消费量	消费量	节约量	消费量	节约量	消费量	节约量	消费量	节约量
1998	469.67	437.11	32.56	428.73	40.94	418.39	51.28	388.27	81.40
1999	462.18	429.18	33.00	420.71	41.47	407.18	55.00	379.68	82.50
2000	471.83	437.06	34.77	428.14	43.69	413.88	57.95	384.90	86.93
2001	466.70	432.59	34.11	423.83	42.87	386.25	80.45	380.97	85.73
2002	515.20	477.47	37.73	467.81	47.39	452.32	62.88	420.89	94.31
2003	519.81	477.60	42.21	466.83	52.98	449.46	70.35	414.28	105.53
2004	517.42	480.12	37.30	470.55	46.87	455.25	62.17	424.16	93.26
2005	627.74	564.60	63.14	551.91	75.83	531.46	96.28	490.04	137.70
2006	575.05	529.04	46.01	517.29	57.76	498.36	76.69	460.01	115.04
2007	507.08	465.25	41.83	454.59	52.49	437.37	69.71	402.51	104.57
2008	494.97	455.48	39.49	445.38	49.59	429.15	65.82	396.24	98.73
2009	554.99	510.25	44.74	498.83	56.16	480.42	74.57	443.14	111.85

表6 农村居民不同膳食消费模式下的水足迹 m^3/人

年份	模式1			模式2		模式3		模式4	
	原消费量	消费量	节约量	消费量	节约量	消费量	节约量	消费量	节约量
1998	553.60	538.22	15.38	534.12	19.48	527.96	25.64	515.13	38.47
1999	563.06	549.97	13.09	546.44	16.62	541.24	21.82	530.34	32.72
2000	538.10	525.56	12.54	522.17	15.93	517.20	20.90	506.75	31.35
2001	473.72	461.69	12.03	458.43	15.29	453.66	20.06	443.64	30.08
2002	565.04	544.46	20.58	539.06	25.98	530.73	34.31	513.57	51.47
2003	515.43	496.71	18.72	491.90	23.53	484.43	31.00	469.07	46.36
2004	535.05	517.54	17.51	512.95	22.10	506.02	29.03	491.62	43.43
2005	520.09	494.42	25.67	487.81	32.28	477.45	42.64	456.25	63.84
2006	546.47	531.74	14.73	527.86	18.61	522.16	24.31	510.17	36.30
2007	455.64	438.94	16.70	434.58	21.06	428.00	27.64	414.33	41.31
2008	549.58	532.56	17.02	528.10	21.48	521.36	28.22	507.37	42.21
2009	502.49	481.48	21.01	476.11	26.38	467.68	34.81	450.42	52.07

式3可减少51.28～96.28 m^3/人,模式4可减少81.40～137.70 m^3/人;农村居民膳食消费模式水足迹与现有膳食消费的水足迹相比可减12.03～25.67 m^3/人,模式2可减少15.29～32.28 m^3/人,模式3可减少20.06～42.64 m^3/人,模式4可减少30.08～63.84 m^3/人。在4种膳食调整模式中,农村居民的水足迹节约量均小于城市居民的水足迹节约量。

由于农村居民在肉类消费量上少于城市居民,其相应的水足迹值也小于城市居民,也就是说,若减少肉类消费,城市居民对水资源节约作出的贡献更大。所以在膳食结构调整中,应首先从城市居民入手,提倡少消费肉类,多消费蔬菜,少消费水资源密集型产品。在膳食结构调整实施过程中,应加大宣传的力度,并随着居民认识水平的提高逐步实施,可先实行模式1,再逐步过渡到模式2、模式3、模式4。

5 结 论

a. 居民日常的膳食消费与水资源保护、水资源节约息息相关,不同的膳食结构及消费量,其水资源消耗量也不同。探讨居民膳食消费的水足迹,可为调整膳食结构,节约水资源提供依据。

b. 1998—2009年吉林市城乡居民膳食消费的水足迹波动不大,但城乡之间存在差异。农村居民膳食消费水足迹中粮食所占比重最大,城市居民膳食消费水足迹中牛羊肉所占比重最大。但城乡居民人均粮食消费的水足迹呈逐年下降趋势,肉类和油脂类消费的水足迹有所上升。

c. 城市居民膳食消费水足迹的多样性高于农村,但差距在缩小。城乡居民膳食消费水足迹的多样性指数不断增加,尤其是农村增长较快,说明在满足膳食需求的同时,膳食消费的种类不断增加,膳食消费种类的水足迹越来越趋于均衡,吉林市城乡居民的生活水平逐步提高。吉林市城乡居民膳食消费的水足迹存在差异,但差距不大,不公平现象不明显。

d. 通过调整膳食结构,减少肉类食品消费量,增加蔬菜类消费量,可缓解膳食消费对水资源的压力。在膳食结构调整中,应首先从城市居民入手,倡导少消费水资源密集型产品。同时应加大宣传力度,并随着居民认识水平的提高逐步实施膳食调整方案,由低到高,使居民愿意接受、主动接受减少水资源消耗的膳食调整。

参考文献:

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

[2] ALLAN J A. Overall perspectives on countries and regions [C]//ROGERS P,LYDON P. Water in the Arab world: perspectives and prognoses. Massachusetts: Harvard University press,1994:65-100.

[3] HOEKSTRA A Y,CHAPAGAIN A K. Water footprints of nations:value water research report series[R]. Delft:IHE,2004:1-80.

[4] 孙才志,陈丽新. 我国虚拟水及虚拟水战略研究[J]. 水利经济,2010,28(2):1-4.

[5] 夏骋翔,李克娟. 虚拟水研究综述与展望[J]. 水利经济,2012,30(2):11-16.

[6] 柳文华,赵景柱,邓红兵,等. 水-粮食贸易:虚拟水研究进展[J]. 中国人口·资源环境,2005,15(3):129-134.

[7] 罗贞礼,黄璜,傅志强,等. 郴州市农产品虚拟水的量化分析[J]. 湖南农业大学学报,2004,3(30):282-284.

[8] 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.

[9] 秦丽杰,邱红,陶国芳. 粮食贸易与水资源安全[J]. 世界地理研究,2006,15(1):44-49.

[10] HOEKSTRA A Y,CHAPAGAIN A K. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to crop trade[C]//HOEKSTRA A Y. Virtual water trade: proceedings of the international expert meeting on virtual water trade. Delft:IHE,2002:1-118.

[11] 王新华. 消费模式变化对虚拟水消费的影响[J]. 中国农村水利水电,2006(2):32-34.

[12] 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.

[13] 雷玉桃,任佳伟,吴柯材. 基于虚拟水的水资源管理研究[J]. 水利经济,2011,29(4):45-48.

[14] ULANOWICZ R E. Growth and development. ecosystems phenomenology[M]. New York:Springer-Verlag,1986.

[15] TEMPLET P H. Energy,diversity and development in economicsystems: an empirical analysis[J]. Ecological Economics,1990,30(2):223-233,411.

[16] 尚海洋,马忠,焦文献,等. 甘肃省城镇不同收入水平群体家庭生态足迹计算[J]. 自然资源学报,2006(21):408-416.

[17] 尚海洋. 虚拟水消费不公平性测度方法比较[J]. 中国农村水利水电,2011(5):1-4.

[18] 苏芳,徐中民. 张掖甘州区农村居民不同收入群体家庭虚拟水消费比较[J]. 冰川冻土,2008,30(5):887-888.

(收稿日期:2012-08-24 编辑:方宇彤)