

渭南市耕地变化对粮食安全的影响评价^{*}

成爱芳¹, 赵景波^{1,2}

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 中国科学院 地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075)

摘 要: 利于最小人均耕地面积和耕地压力指数模型, 对渭南市 1990 - 2006 年由于耕地面积变化所引发的粮食安全状况进行评价。结果表明: 渭南市耕地面积变化经历了逐年减少、波动变化和趋于稳定 3 个阶段, 耕地面积变化的区域差异不明显, 人均耕地面积变化呈现明显减少的特点; 正常年份渭南市粮食供给处于安全水平, 在粮食生产遭遇自然灾害时, 粮食安全状况就会受到影响; 粮食安全表现出明显的区域差异性, 未来 8 a 内渭南市的粮食安全不会受到威胁。研究结果将为合理解决渭南市耕地利用与粮食安全之间的矛盾提供科学依据。

关键词: 耕地变化; 粮食安全; 耕地压力指数; 渭南市

中图分类号: F301.21

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0189-05

Evaluation of Grain Security Affected by Cultivated Land Change in Weinan City

CHENG Ai-fang¹, ZHAO Jing-bo^{1,2}

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China; 2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, CAS, Xi'an 710075, China)

Abstract: The article evaluated the state of grain security based on quantitative change of cultivated land, using the models of per capita minimum area of cultivated land and cultivated land pressure index in Weinan city from 1990 to 2006. The results are as follows: the quantitative change of cultivated land experienced three stages, decreased year by year, fluctuated change and near stable state; the regional differences of cultivated land change is not obvious; the per capita cultivated land area stay at high level in Shaanxi province; the grain security will go well unless the crop undergo such natural disasters as drought, flood, illness and so on. The grain security have apparent regional diversities; there won't any threaten of grain security in Weinan city during next eight years. The results will offer a scientific basement to solve the conflict between cultivated land use and grain security in Weinan city.

Key words: cultivated land change; grain security; cultivated land pressure index; Weinan city

随着中国人口的增长、国民收入水平的提高和消费结构的变化, 粮食需求量将大幅度增长^[1]。维系粮食生产的基本资料——耕地在原来已趋紧张的情况下, 随着工业化、城市化等进程的推进, 以及国家 1999 年以来实施的退耕还林还草政策要求的影响, 正在承载更大的粮食压力, 国家和区域层面上的粮食安全问题正成为政府和学界关注的热点^[2-6]。目前, 诸多学者对耕地资源变化所引发的粮食安全问题作了研究^[7-13], 但他们的研究对象大多集中在大区域或省域尤其是粮食主产省, 对非粮食主产省的研究较少, 特别是对非粮食主产省粮食安全贡献较大的地级市研

究更少, 而这些地级市在承担非粮食主产省粮食安全方面占据着重要地位。鉴于此, 文章选取陕西省渭南市为研究对象, 通过分析渭南市耕地数量变化及其对粮食安全的影响, 有助于认识渭南市在耕地数量持续减少的情况下的粮食安全形势, 同时对准确把握陕西粮食安全总体趋势也有参考价值。

1 研究区概况

渭南市位于陕西省关中平原中部, 渭河下游, 东与山西、河南毗邻, 西与西安、咸阳相接, 南依秦岭与商洛为界, 北靠黄龙山、乔山。南北长 182.3

* 收稿日期: 2009-07-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(40672108); 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室项目(SKLLQG0814)

作者简介: 成爱芳(1982-), 女, 陕西澄城人, 硕士研究生, 主要研究方向: 环境评价与治理。E-mail: chengaifang2008@163.com

通信作者: 赵景波(1953-), 男, 山东滕州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事自然地理研究。E-mail: zhaojb@snnu.edu.cn

km,东西宽 149.7 km,面积 13 134 km²,地处 34° 13' - 35° 52' N, 108° 58' - 110° 35' E 之间。在行政区划上辖临渭区和韩城、华阴两市,华县、潼关、大荔、蒲城、澄城、白水、合阳、富平 8 个县,全区地势以渭河为轴线,南北高,中间低,东西开阔坦荡,呈“仰瓦状”组合成南北两山、两塬和中部平川 5 大地貌类型。全区属暖温带半湿润半干旱季风气候,四季分明,光照充足,年降水量 508 ~ 608 mm,年平均温度 11.3 ~ 13.6 °C,除秦岭山区外,年日照时数 2 009 ~ 2 528 h, > 0 °C 积温 4 250.3 ~ 5 022.9 °C, > 10 °C 以上积温 3 780.8 ~ 4 509.4 °C,是关中地区热量的高值区,无霜期为 199 ~ 255 d。境内川塬平地约占 70 %,耕地 54.2 万 hm²,有效灌溉面积 34.1 万 hm²,土壤肥沃,灌溉便利,历来是陕西乃至西北地区最优的农业生态区。

2 研究方法

文章利用渭南市 1990 - 2006 年的统计资料^[14],首先分析了渭南市耕地面积变化的时空特征,然后运用最小人均耕地面积和耕地压力指数模型,对渭南市的粮食安全状况进行定量评价,通过分析耕地压力指数的时空变化,判断基于耕地压力指数的粮食安全变化的时空特征,最后通过预测未来 8 a 内耕地压力指数的变化趋势,进而对未来渭南市的粮食安全状况做了分析。

据北京大学蔡运龙教授的定义^[15],最小人均耕地面积是指在一定区域范围内,一定食物自给水平和耕地综合生产能力条件下,为满足每个人正常生活的食物消费所需的耕地面积。最小人均耕地面积给出了为保障一定区域食物安全而需保护的耕地数量底线。耕地压力指数是最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比。它可以衡量一个地区耕地资源的稀缺和冲突程度,给出了耕地保护的阈值,可作为耕地保护的调控指标,也是测定粮食安全程度的指标^[16]。计算公式如式(1)、式(2)。

$$S_{\min} = \frac{G_r}{p \cdot q \cdot k} \quad (1)$$

$$K = \frac{S_{\min}}{S_a} \quad (2)$$

式中: S_a ——实际人均耕地面积 (hm²/人); S_{\min} ——最小人均耕地面积 (hm²/人); ——食物自给率 (%); G_r ——人均食物需求量 (kg/人); p ——食物单产 (kg/hm²); q ——食物播种面积占总播种面积之比; k ——复种指数 (%),它是一年中各个季节的实际总播种面积除以耕地面积求得的^[17]。在式(1)

中 $p \cdot q \cdot k$ 实际上代表了单位耕地的粮食产量。当 $K=1$ 时,实际人均耕地面积与最小人均耕地面积相等,粮食供需平衡;当 $K>1$ 时,实际人均耕地面积小于最小人均耕地面积,粮食供给小于需求;当 $K<1$ 时,实际人均耕地面积大于最小人均耕地面积,粮食供给大于需求,即当 $K=1$ 时粮食处于安全状态,当 $K>1$ 时粮食处于不安全状态。

3 耕地数量变化特征分析

3.1 耕地总量变化的时间特征

通过对渭南市 1990 - 2006 年耕地面积资料^[14]统计(图 1)可知,1990 - 2006 年渭南市耕地面积呈现不断减少的趋势。耕地面积从 1990 年的 60.2 × 10⁴ hm² 减少到 2006 年的 51.3 × 10⁴ hm², 16 a 间耕地面积共减少了 8.9 × 10⁴ hm², 年减少率为 0.92 %。耕地面积的变化可分为逐年减少、波动变化和趋于稳定 3 个阶段。1990 - 1998 年耕地面积呈现逐年减少的变化特点,这一时期耕地面积减少的原因主要是,进入 20 世纪 90 年代后,国民经济快速发展和对外开放水平明显提高,大量工业不断兴起,城镇化建设的步伐日益加快,同时由于交通、水利等基础设施的兴建,耕地的非农化趋势明显,促使耕地在经济、社会发展的过程中逐年减少。1998 - 2003 年耕地面积呈现波动的变化特点,这一时期耕地变化的原因主要是,农业产业结构调整力度加大和退耕还林政策的实施,大量耕地转化为菜地、园地等其它土地利用类型,同时在这一时期,渭南市加强了水土流失治理和中低产田的改造,大量流失的耕地资源得以恢复。2003 - 2006 年这一时期由于新的《土地管理法》的实施,加大了耕地保护的力度,强化了农村土地管理的法制化建设,同时由于农村税费改革的实施,以及政府增加了对种植业的补贴,农民进行农业生产的积极性较高,因此,间接的保护了耕地资源。

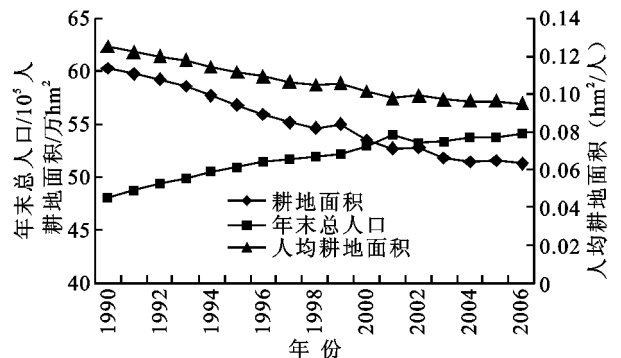


图 1 1990 - 2006 年耕地、人均耕地、年末总人口年际变化

3.2 耕地总量变化的空间特征

耕地变化的区域差异,可用相对变化率进行定

量分析^[18]。某地区某一特定土地利用类型的相对变化率如式(3)。

$$Rid = (\frac{K_2}{K_1}) / (\frac{C_2}{C_1})$$

(3)

式中： K_1 、 K_2 ——某区域某一特定土地利用类型研究初期和研究末期的面积； C_1 、 C_2 ——全区域某一特定土地利用类型研究初期与研究末期的面积。如果某区域某种土地利用类型的相对变化率 $Rid > 1$ ，则表示该区域这种土地利用类型变化较全区域大。

通过对渭南市 11 个市(县)的耕地相对变化率分析发现：华县、大荔县、蒲城县和富平县的 Rid 值略高于 1，说明这 4 个县的耕地数量变化在渭南市处于较高水平，但其它区域的 Rid 值都接近于 1，因此，总体而言，渭南市耕地面积变化的区域差异不明显。

3.3 人均耕地面积的变化特征

人均耕地占有量的多少是衡量区域耕地压力程度的重要指标。20 世纪 90 年代，渭南市的人口总量增长速度已经有了明显控制，但由于人口增长的惯性作用，1990 - 2006 年人口总量仍在不断增加，人口数量增加的幅度明显大于耕地面积减少的幅度，因此，导致渭南市人均耕地面积变化呈现明显减少的特点（见图 1），人均耕地面积从 1990 年的 0.125 $\text{hm}^2/\text{人}$ 减少到 2006 年的 0.095 $\text{hm}^2/\text{人}$ ，降幅高达 24 %。耕地总量和人均耕地面积的减少并不能完全反映出耕地资源所承受的压力^[11]，但人均占有耕地量的减少可以说明区域内的耕地资源已经受到威胁。

4 基于耕地压力指数的粮食安全评价

4.1 耕地压力指数变化的时间特征

据李晶^[19]等对陕西关中地区粮食安全的分析知，关中地区人均粮食消费量 1998 - 2003 年平均为 319.7 kg，据此以人均 320 kg 作为渭南市人均食物需求量。通过对陕西粮食生产状况的分析可知：渭南市粮食自给程度较高，因此，将粮食自给率定为 100 %。利用渭南市人口、耕地和粮食产量历年统计数据^[14]，据式(1)和式(2)计算最小人均耕地面积和耕地压力指数(表 1)。

由表 1 可知，渭南市 1990 - 2006 年最小人均耕地面积变化幅度不大。耕地压力指数仅有 1991 年、1992 年、1994 年和 2001 年大于 1，粮食供需处于不安全状态；其余年份的耕地压力指数值均小于 1，粮食供需处于安全状态。通过对 1991 年、1992 年、1994 年和 2001 年粮食生产条件分析发现，自从 1989 年夏秋之交，渭南市出现了近 60 a 罕见的 3 a

持续大旱，由于“七五”后两年渭南市粮食连续增产，农民余粮充足，干旱刚开始的 1990 年粮食供给处于安全状态。1991 年干旱形势严峻，渭南市在当年加强了农业基础设施建设，但该年的粮食总产量仍处于历年最低水平。由于农业基础建设发挥的作用，虽然 1992 年也是大旱之年，同时在下半年农业遭遇洪水灾害，但粮食安全形势较 1991 年有所缓解。1994 年和 2001 年也是干旱、病虫害等自然灾害发生的年份，粮食总产量较 1993 年和 2000 年分别下降了 26.3 % 和 16.3 %，粮食总产量的大幅下降，直接威胁到区域内的粮食安全。因此，对于渭南市来说，正常年份粮食供需处于安全水平，当农业遭遇严重的干旱、病虫害、洪涝和冰雹等自然灾害时，粮食安全就会受到威胁。

表 1 渭南市 1990 - 2006 年最小人均耕地面积和耕地压力指数值

年份	S_{\min} ($\text{hm}^2/\text{人}$)	K
1990	0.1102	0.8809
1991	0.1306	1.0670
1992	0.1222	1.0183
1993	0.0939	0.7991
1994	0.1255	1.0989
1995	0.1103	0.9901
1996	0.0953	0.8751
1997	0.0932	0.8743
1998	0.0809	0.7697
1999	0.0900	0.8539
2000	0.0930	0.9199
2001	0.1095	1.1196
2002	0.0981	0.9899
2003	0.0923	0.9515
2004	0.0860	0.8968
2005	0.0866	0.9030
2006	0.0816	0.8617

4.2 耕地压力指数变化的空间特征

为了研究耕地压力指数变化的空间差异，分别取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年各市(县)的耕地压力指数值进行分析，利用 Arcgis 软件，分析了渭南市不同时期粮食安全状况的区域差异性(图 3)。根据 K 值偏离 1 的程度，将 K 值划分为 3 级，以 $K > 1$ 为粮食不安全级；以 K 值介于 0.9 至 1 之间为粮食基本安全级；以 $K < 0.9$ 为粮食安全级。由图 2 可知，渭南市粮食安全状况存在明显的区域差异性，华阴市、韩城市、潼关县和白水县处于粮食不安全级，临渭区、富平县处于粮食安全级，其它区域处于粮食基本安全级。华阴市、韩城市、潼关县粮食不安全主要原因是，实际人均占有耕地面积较少，

这三市(县)实际人均占有耕地面积都接近或低于渭南市 1990 - 2006 年耕地面积的平均值 0.09 hm²;白水县的粮食不安全状况,除了人均占有耕地面积相对较少外,主要在于种植业中经济作物所占的比重不断增加,同时 1985 年后,该县果业发展较快,并且规模不断扩大,导致粮食种植面积不断下降。临渭区、富平县历来是陕西的商品粮生产基地,其粮食之所以安全,除由于人均占有耕地量较高外,还在于大量粮食生产示范区的建设,单位耕地的科技投入较高,耕地的粮食综合生产能力较强。其它处于粮食基本安全级的县,其粮食生产状况历年波动性较大。

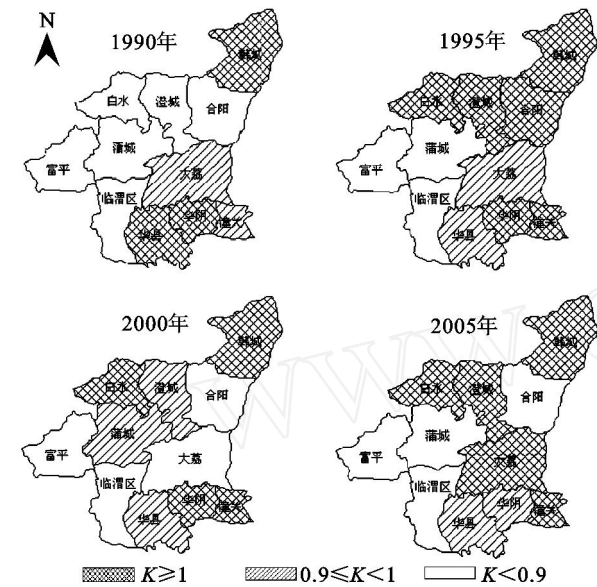


图 2 渭南市耕地压力指数的空间变化

4.3 耕地压力指数变化的趋势分析

以时间为横坐标(自变量 X),以 1990 - 2006 年年末人口总量、耕地面积为纵坐标(因变量 Y)做散点图,再根据散点图进行数学拟合,建立年末总人口和耕地面积的预测模型,最后依据所建立的数学模型进行年末总人口和耕地面积变化的趋势分析,预测模型分别如式(4)、式(5),粮食产量受自然灾害等

偶然性因素影响较大。为了消除偶然因素对地理变量的影响,常常采用平滑法对数据进行处理,以便使其随时间发展和变化的趋势和方向明显化,滑动平均法的计算结果优于移动平均法,其中 3 点滑动平均法的计算结果与原始数据的误差较小^[20]。因此用 3 点滑动平均法作为预测模型。

$$y = 3.6793x + 484.397 \quad R = 0.972091 \quad (4)$$

$$y = -0.6022x + 60.586 \quad R = -0.987884 \quad (5)$$

滑动平均法计算公式如下:

$$\hat{y}_t = \frac{1}{2l+1} (y_{t-l} + y_{t-(l-1)} + \dots + y_{t-1} + y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+l}) \quad (6)$$

式中 \hat{y}_t —— t 点的滑动平均值; l —— 单侧平滑时距(点数)。

若 l = 1, 则公式(6)称为三点滑动平均,其计算公式为:

$$\hat{y}_t = \frac{(y_{t-1} + y_t + y_{t+1})}{3} \quad (7)$$

研究区粮食自给率历来较高,可将粮食自给率定为 100%。采用稍高于温饱水平的初步小康型粮食消费标准(400 kg/人)作为人均粮食需求量^[21]。利用以上预测模型,求得人口、耕地、粮食总产量,最终计算出最小人均耕地面积和耕地压力指数值(表 2)。

由表 2 可知,渭南市人口呈现不断增加的趋势,耕地面积减少较为缓慢,粮食总产量逐年增加,并且变化幅度较大。在粮食自给率和人均食物需求量一定的情况下,由于渭南市单位耕地的粮食生产能力较强,使得最小人均耕地面积逐年减小。最小人均耕地面积减少的幅度较实际人均耕地面积减少的幅度大,同时根据耕地压力指数的预测值可知,未来 8 a 内渭南市的粮食安全将不会受到威胁。因此,对渭南市来说,在经济、社会发展的过程中,在保障一定量的粮食播种面积和维持粮食总产量稳定的基础上,可以适当分配耕地资源,以适应城市化建设的需要。

表 2 渭南市 2007 - 2014 年人口、耕地、粮食产量、最小人均耕地面积和耕地压力指数值

年份	人口/ 万人	耕地/ 万 hm ²	粮食总产量/ 万 t	人均耕地/ (hm ² /人)	人均粮食产量 (kg/人)	S _{min} (hm ² /人)	K
2007	550.624	49.746	212.93	0.0903	386.71	0.0935	1.0354
2008	554.304	49.144	222.24	0.0890	400.94	0.0885	0.9944
2009	557.983	48.542	231.55	0.0870	414.98	0.0839	0.9644
2010	561.662	47.940	240.86	0.0854	428.83	0.0796	0.9321
2011	565.34	47.338	250.17	0.0837	442.51	0.0757	0.9044
2012	569.021	46.735	259.48	0.0821	456.01	0.0720	0.8770
2013	572.70	46.133	268.79	0.0806	469.34	0.0687	0.8524
2014	576.380	45.531	278.10	0.0790	482.49	0.0655	0.8291

5 结论

(1) 1990 - 2006 年期间,渭南市耕地面积呈持续减少的趋势,耕地面积变化经历了逐年减少、波动变化和趋于稳定 3 个阶段;华县、大荔县、蒲城县、富平县耕地面积变化略高于其它区域,但整个地区耕地面积变化的区域差异性不明显;渭南市人均耕地面积呈现持续减少的趋势。

(2) 1990 - 2006 年期间,其中 1991 年,1992 年,1994 年和 2001 年耕地压力指数值大于 1,其余年份的耕地压力指数值均小于 1,因此,渭南市正常年份粮食供给处于安全水平,当农业遭遇干旱、洪涝和病虫害等自然灾害时粮食安全就会受到威胁。

(3) 通过对 1990 年,1995 年,2000 年和 2005 年渭南市各市(县)的耕地压力指数值分析可知,渭南市粮食安全状况表现出明显的区域差异性,华阴县、韩城市、潼关县和白水县处于粮食不安全级;临渭区、富平县处于粮食安全级;其它区域处于粮食基本安全级。

(4) 2007 - 2014 年期间,渭南市的耕地总面积减少缓慢,人口不断增加,粮食总产量增长迅速,单位耕地的粮食生产能力较强,耕地压力指数呈现逐年减少的趋势。除了 2007 年耕地压力指数值略高于 1 外,其余年份的耕地压力指数值均小于 1,因此,未来 8 a 内渭南市的粮食安全不会受到威胁。

参考文献:

- [1] 耿艳辉,闵庆文,成生魁,等. 泾河流域耕地 - 人口 - 粮食系统与耕地压力指数时空分布[J]. 农业工程学报, 2008, 24(10): 68-73.
- [2] 刘贤赵,宿庆. 黄土高原水土流失区生态退耕对粮食生产的可能影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(2): 99-104.
- [3] Xu Z G, Xu J T, Deng X Z, et al. Grain for green versus grain: conflict between food security and conservation set - side in China[J]. World Development, 2006, 34(1): 130-148.
- [4] Feng Z, Yang Y, Zhang Y, et al. Grain-for-green policy and its impacts on grain supply in west China[J]. Land Use Policy, 2005, 22(4): 301-312.
- [5] 杨萍果,毛任钊,赵建林,等. 区域粮食综合生产能力及粮食安全分析[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 279-282.
- [6] 陈玲玲,林振山,郭杰,等. 基于 EMD 的中国粮食安全保障研究[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 180-188.
- [7] 石淑芹,陈佑启,姚艳敏,等. 中国区域性耕地变化与粮食生产的关系研究[J]. 自然资源学报, 2008, 23(3): 361-368.
- [8] 陈百明,周小萍. 中国近期耕地资源与粮食综合生产能力的变化态势[J]. 资源科学, 2004, 26(5): 39-45.
- [9] 郭魏,宋戈. 基于粮食安全的黑龙江省耕地压力动态变化分析[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(2): 47-51.
- [10] 李玉平. 河南省粮食生产与耕地变化的分析及预测[J]. 地域研究与开发, 2007, 26(3): 96-98.
- [11] 徐易,李然,王朝禧. 湖北省粮食产量与耕地非农化关系研究[J]. 资源开发与市场, 2008, 24(5): 407-409.
- [12] 熊鹰,王克林,胡敢,等. 湖南省耕地资源态势与粮食安全研究[J]. 地域研究与开发, 2004, 24(2): 92-95.
- [13] 李启宇,张文秀. 四川省粮食安全的消费需求与最小耕地保有量预测[J]. 农业现代化研究, 2008, 29(5): 546-558.
- [14] 陕西省统计局. 陕西统计年鉴[R]. 北京:中国统计出版社, 1991-2007.
- [15] 蔡云龙,傅泽强,戴尔阜. 区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J]. 地理学报, 2002, 57(2): 127-134.
- [16] 李玉平,蔡云龙. 浙江省耕地变化与粮食安全的分析及预测[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(4): 466-470.
- [17] 鲁奇. 中国耕地资源开发、保护与粮食安全保障问题[J]. 资源科学, 1999, 21(6): 5-8.
- [18] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [19] 李晶,任志远,周自翔. 区域粮食安全性分析与预测[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 89-94.
- [20] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社, 2002: 60-63.
- [21] 贺一梅,杨子生. 基于粮食安全的区域人均粮食需求量分析[J]. 经济理论研究, 2008(7): 6-8.