

广东省粮食供需时空格局

吴健生^{1,2}, 蒋培培^{1,2*}, 黄秀兰³, 彭建^{1,2}, 王政^{1,2}

- (1. 北京大学深圳研究生院 城市规划与设计学院 城市人居环境科学与技术重点实验室, 广东 深圳 518055;
2. 北京大学 城市与环境学院资源与环境地理系 地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;
3. 北京大学深圳研究生院, 广东 深圳 518055)

摘要: 粮食供需差真实反映粮食供需的状况, 对于保障粮食安全有着重要意义。研究以广东省为例, 利用1994—2009年粮食生产及常住人口数据, 构建空间集聚-扩散度和贡献指标, 分析粮食供需差的空间分异, 并采用格兰杰因果检验探析城市化与粮食供需差的因果关系。研究结果表明, 1994—2009年, 广东省的粮食供需差总体呈现上升的趋势和扩散的特征, 粮食短缺从局部现象转变为普遍现象; 21个地级市的粮食供需差趋于平稳、缓慢增长, 且增长差异呈现变小的趋势。主导粮食需求和高贡献率地级市的空间分布特征分别是集聚→扩散→集聚与扩散; 粮食供需差贡献存在显著的空间差异性, 可以将所有地级市划分为高增长指数、高贡献率, 高增长指数、低贡献率, 低增长指数、高贡献率, 低增长指数、低贡献率4种不同的类型; 而格兰杰因果检验表明, 在城市化水平较低地区, 城市化水平的提升将直接引起人均粮食供需差的变大。

关键词: 粮食供需差; 空间集聚-扩散度; 相对增长指数; 城市化水平; 格兰杰因果检验
中图分类号: F326.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2013)02-0253-13

根据预测, 到2030年世界粮食需求将会提高30%至40%, 到2050年, 世界人口将达到90亿, 农业生产必须增加70%才能满足新增人口的需求, 全球新一轮粮食危机的到来似乎已无法避免。在这种情况下, 国际社会应采取各种方法保证每个人都能获得充足的粮食。粮食安全成为各个国家经济发展的核心目标之一。作为世界上人口最多的国家, 保障粮食安全, 满足人们最基本的生活需求更是我国的立国之本。而随着我国工业化和城市化的快速推进, 城市的数量和建设规模快速增加, 城市人口急剧膨胀, 粮食生产的各项基本要素如水、耕地等面临高强度的挤压并不断萎缩。加入世界贸易组织和全球经济一体化使我国粮食生产将面临世界性的挑战, 因此, 粮食安全问题得到中央及社会各界普遍关注^[1-6]。

近年来, 有关我国粮食安全的研究主要围绕国际粮食贸易^[3,7]、国内粮食的生产能力及因素分析^[8-13]、粮食生产的空间变化^[14-18]、粮食供需的空间变化^[1,19-20]等相关内容展开, 但现有的粮食供需研究多侧重粮食生产, 在粮食需求和粮食供需关系的时空变化, 尤其是与城市化的关联等方面尚少涉及。由于城市化不仅意味着城市建设用地对农用地的占用, 而且伴随着人口总量及粮食消费结构的显著变化。因此, 只有综合考虑粮食生产空间和需求空间的变化, 才能真实地反映城市化对区域粮食安全的潜在影响。

广东省作为中国第一经济强省和城市化水平较高的地区, 多年来经济社会格局发生了

收稿日期: 2012-04-12; 修订日期: 2012-08-07。

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41130534); 国家自然科学基金项目(41001112)。

第一作者简介: 吴健生(1965-), 男, 湖南新化人, 副教授, 研究方向为城市景观生态和GIS。E-mail: wujj@pkusz.edu.cn

* 通信作者, E-mail: jiangpeipei_pku@126.com

显著的变化,进而影响到粮食供需空间格局。研究广东省的粮食供需时空变化对保障广东省的粮食安全有着重要的意义。本研究以广东省为例,关注基于常住人口的粮食供需差,参考相关研究构建空间集聚-扩散度、贡献指标,旨在探讨粮食供需的时空动态特征,并进一步定量分析城市化与粮食供需差的关联特征,以期快速城市化地区粮食安全保障提供政策指引。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

广东省的行政区划图来自国家测绘局(SBSM)国家基础地理信息系统(NFGIS)的全国1:400万数据库底图。2000年以前的粮食生产、常住人口数据分别来自1994—1999年的广东省各地级市的统计年鉴,2000年以后的粮食生产、常住人口数据以及城市主要指标分别来自相应年份的《广东统计年鉴》。所有的数据均是以地级市为单元,包括下属的县级市、县和市辖区(表1)。

表1 广东省次区域划分
Table 1 The sub-regional division of Guangdong Province

次区域名称	包括的地级市
珠三角	广州、深圳、佛山、东莞、中山、珠海、惠州、江门、肇庆
东翼	汕头、揭阳、潮州、汕尾
西翼	湛江、茂名、阳江
山区	清远、韶关、梅州、河源、云浮

1.2 粮食供需差空间集聚-扩散度

根据联合国粮农组织公布的人均营养热值标准,结合我国国情,将年人均粮食占有量400 kg作为粮食消费小康水平标准,以此计算地区粮食需求量,再减去该地区的粮食生产总量,即为该地区粮食供需差。同时,参考“粮食产量空间集聚-扩散度模型”^[14, 21]构建了区域“粮食供需差空间集聚-扩散度”,表征粮食供需差的整体变化特征。

$$y_i = (x_i/s_i) / \sum_{i=1}^n (x_i/s_i) \quad (1)$$

$$I = \sum_{i=1}^n \sqrt{y_i} / \sqrt{n} \quad (2)$$

式中: x_i ($i=1, 2, \dots, n$)为区域粮食供需差; s_i 为区域土地总面积; y_i 为次区域地均粮食供需差占区域地均粮食供需差总和的比重; I 为区域粮食供需差空间集聚-扩散度,值域为 $[1/\sqrt{n}, 1]$,值越大,表明粮食供需差在区域内越扩散;值越小,粮食供需差在区域内越集聚。

1.3 粮食供需差贡献指标

参考人口城镇化贡献模型^[22]构建粮食供需差贡献指标,由相对增长指数和贡献率构成,其中相对增长指数表征次区域粮食供需差相对于全省的增长情况,而贡献率表征次区域粮食供需差增长对于全省供需差增长的贡献程度。

$$r_i = \frac{U_i - U_{i-1}}{U_{i-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中: r_t 为次区域第 t 年的粮食供需差增长指数; U_t 、 U_{t-1} 分别为次区域第 t 、 $t-1$ 年的粮食供需差。

$$d_t^i = \begin{cases} \frac{r_t^i}{r_t} & r_t > 0 \\ -\frac{r_t^i}{r_t} & r_t < 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中: d_t^i 为第 i 个次区域第 t 年对于全省粮食供需差的相对增长指数; r_t^i 为第 i 个次区域第 t 年粮食供需差的增长指数; r_t 为全省第 t 年粮食供需差的增长指数。

$$G_i = \begin{cases} \frac{U_t^i - U_{t-1}^i}{U_t - U_{t-1}} \times 100\% & U_t - U_{t-1} > 0 \\ -\frac{U_t^i - U_{t-1}^i}{U_t - U_{t-1}} \times 100\% & U_t - U_{t-1} < 0 \end{cases} \quad (5)$$

式中: G_i 为第 i 个次区域对于全省粮食供需差增长的贡献率; U_t^i 、 U_{t-1}^i 分别为第 i 个次区域第 t 、 $t-1$ 年的粮食供需差; U_t 、 U_{t-1} 分别为全省第 t 、 $t-1$ 年的粮食供需差。

为了进一步研究各地级市对于全省粮食供需差增长贡献的差异性,根据相对增长指数和贡献率的数据集聚程度以及数值分布,并参考各自的均值情况,把它们分别划分为不同的等级(表2)。其中,根据相对增长指数在全省的分布情况以及影响效果, $3 > d \geq -3$ 的城市被确定为粮食供需差变化缓慢地级市。同理, $G \geq 3\%$ 的城市被确定为高贡献率地级市, $G \geq 7\%$ 的城市则指示主导粮食需求地级市。

表2 区域粮食供需差等级划分

Table 2 The hierarchies of the balance of grain supply and demand

等级	d 数值范围	G 数值范围
I	$d \geq 6$	$G \geq 7\%$
II	$6 > d \geq 3$	$7\% > G \geq 3\%$
III	$3 > d \geq -3$	$3\% > G \geq -5\%$
IV	$d < -3$	$G < -5\%$

1.4 城市化水平综合指数

目前,对城市化水平的测度主要包括单一指标法和综合指标法两种方法,其中前者简单易操作,但难以全面地体现城市化动态过程,而后者则能真实地反映城市化水平,因此本研究采用综合指标法定量评估区域城市化水平^[23-24]。在遵循系统性、科学性、可比性和可操作性的原则下,从人口、经济、城镇建设、社会生活方面选取评价指标^[25]。在选取指标的过程中,考虑到研究区的实际情况以及数据的可获得性,并对所获得的数据进行相关性分析,剔除具有相关性的数据,各项指标的权重通过主观赋值法即专家打分法确定,最终确定城市化水平综合评价指标体系(表3)。

1.5 城市化水平与人均粮食供需差变化的格兰杰因果关系检验

由于简单相关性分析和传统线性回归等容易造成非平稳时间序列变量的虚假回归,本研究利用格兰杰因果关系检验考察它们的因果关系^[26-27]。该检验方法由2003年诺贝尔经济学奖得主克莱夫·格兰杰(Clive W. J. Granger)所开创,他将时间序列中两个经济变量 X 、 Y 之间的格兰杰因果关系定义为:若在包含了变量 X 、 Y 的过去信息的条件下,对变量 Y 的预

表3 广东省地级市城市化水平综合评价指标体系

Table 3 The comprehensive evaluation index system of urbanization level

目标层	准则层	指标层	权重
城市化水平	人口城市化	城镇人口占常住人口的比例	0.214 3
		人均 GDP	0.107 1
	经济城市化	人均工业总产值	0.321 4
		第二产业占 GDP 的比重	0.214 3
		人均园林绿地面积	0.014 3
	城镇建设	人均铺装道路面积	0.042 9
		人均建成区面积	0.014 3
		人均生活用电量	0.014 8
	社会生活	每万人在校大学生数	0.014 8
		每万人拥有床位数	0.007 4
		每万人医生数	0.029 6
		每万人公共汽(电)车营运车辆	0.004 9

测效果要优于只单独由 Y 的过去信息对 Y 进行的预测效果,即变量 X 有助于解释变量 Y 的将来变化,则认为变量 X 是引致变量 Y 的格兰杰原因。将城市化水平综合指数和人均粮食供需差分别记作 C 和 U ,为了消除时间序列的异方差并减少波动性,对人均粮食供需差处理后取自然对数,记为 $\ln(U+200)$ 。

格兰杰因果关系检验的前提是时间序列必须具有平稳性,因此,需要先对两个变量的时间序列进行平稳性检验和协整检验:

(1) 平稳性检验

本文使用 ADF 法对广东省地级市上述两个变量时间序列的平稳性进行检验,各指标二阶差分后 ADF 值均显著小于 10% 临界值,可见广东省地级市的 C 和 $\ln(U+200)$ 都为二阶单整的时间序列;

(2) 协整检验

建立协整方程并检验其残差的平稳性,通过计算,估计回归模型 R^2 较大且残差平稳,可以断定 C 和 $\ln(U+200)$ 两个变量存在较强的协整关系。

2 结果分析

2.1 粮食供需差时空动态

1994—2009 年,广东省粮食生产总体呈现“两升两降”的特征,珠三角、东翼、西翼及北部山区的粮食生产变化过程与全省基本一致,且北部山区的粮食生产在全省占主要地位[图 1(a)]:①稳步上升期(1994—1999 年)。这一阶段因为耕地资源的持续开发,粮食生产资料的投入加大以及农业科技水平的不断进步,全省的粮食生产呈稳步上升趋势,并在 1999 年达到最高,为 2.041×10^4 t;②快速下降期(2000—2003 年)。2000 年以前中国的粮食生产总体供大于求,中央政府在 2001 年决定放开沿海 8 个粮食主销区(北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、广东、海南)的粮食市场,不再下达粮食生产指标。这为广东省的农业结构调整创造了条件,广东省的粮食生产持续下降,至 2003 年比 1999 年最高值时减少 26%;③恢复增长期(2004—2006 年)。由于粮食缺口的加大,中央政府及广东省在 2004 年出台了一系列支持和促进粮食生产的政策,粮食生产下降的情况得到扭转,并呈现恢复增长;

④波动下降期(2007—2009年)。这一阶段的粮食生产虽然在2009年有所回升,但总体仍呈现下降趋势,至2008年,广东省的粮食生产下降至 $1\,243 \times 10^4$ t,为1994年以来最低水平。

粮食生产规模只是部分地反映了广东省的粮食供需状况。作为沿海经济发达地区和较早进行快速城市化的地区,大量外来务工人员的涌入,使广东省的常住人口呈现稳步增长的趋势,并在2005年和2009年分别达到了9 194万和9 600万[图1(b)]。这导致广东省的粮食供需差总体呈现上升的趋势,并在2008年达到了最高,为 $2\,574 \times 10^4$ t[图1(c)]。

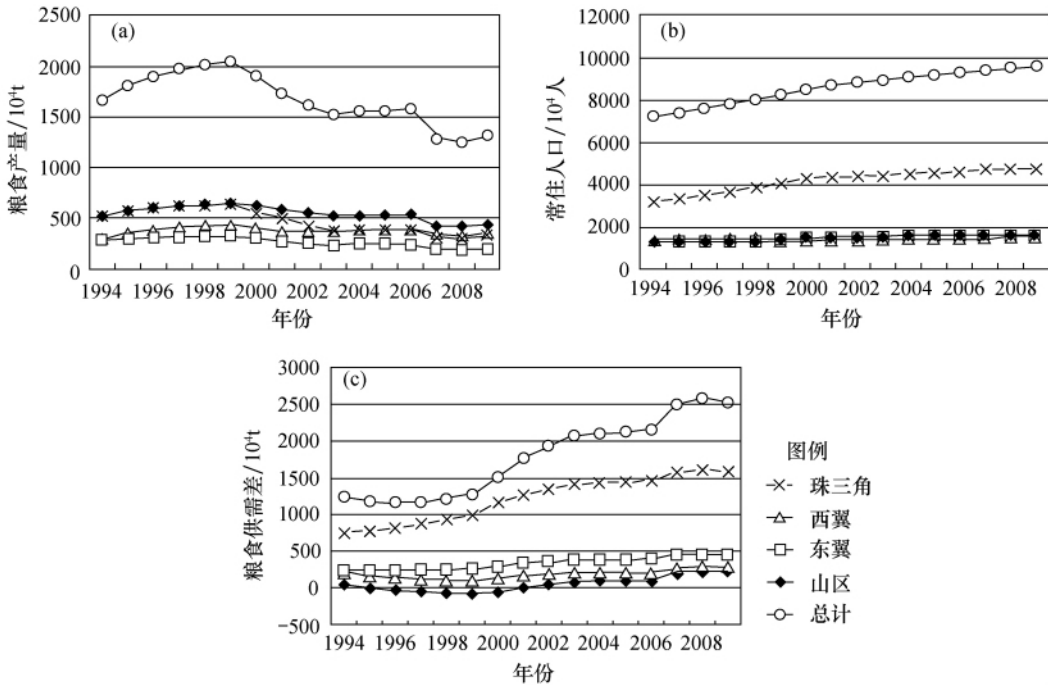


图1 1994—2009年广东省粮食生产、常住人口及粮食供需差变化

Fig. 1 The grain production, population and changes of the balance of grain supply and demand of Guangdong Province of 1994-2009

1994—2009年不同区域的粮食供需差空间集聚-扩散度总体呈现变大的趋势(图2)表明广东省粮食短缺从局部现象转变为普遍现象,这反映了随着城市化进程的不断推进而导致的农业生产比重下降以及非农业人口的持续增加,即由传统农业向第二、第三产业过渡的社会经济结构转型。珠三角地区的指数最小,表明珠三角地区粮食供需差的集聚现象最明显,粮食短缺最为严重。这是因为珠三角地区城市化及社会经济结构转型较早,经济发展水平高。北部山区的指数变化最剧烈,粮食供需差表现出扩散→集聚→扩散→集聚→扩散的过程,这表明广东省加快山区两翼发展和推进双转移政策产生了明显的效果,使本地区人口向珠三角地区聚集的进程减缓并出现回流现象,因此在常住人口与粮食生产变化的双重作用下,北部山区的5个地级市经历了全部缺粮→部分缺粮→全部余粮→部分缺粮→全部缺粮的过程。

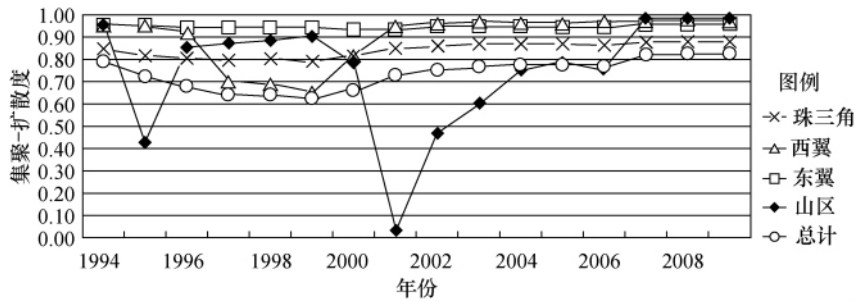


图2 1994—2009年广东省粮食供需差空间集聚-扩散度

Fig. 2 The space cluster-diffusion of the balance of grain supply and demand of Guangdong Province of 1994-2009

2.2 粮食供需差贡献空间分异

1994—2009年,粮食供需差相对增长指数绝对值较小($3 > d \geq -3$)的地级市逐渐增多(图3),21个地级市之间的相对增长指数差异呈现变小的趋势。不同年份等级变化很大的地级市的数量减少,粮食供需差变化剧烈的地级市逐渐减少,表明21个地级市的粮食供需差趋于平稳、缓慢增长且增长差异呈现变小的趋势。这是因为随着城市化深层次发展,珠三角地区已进入工业化的中后期,东翼和西翼地区正处于工业化的初期和中期并逐步形成工业集群,北部山区则成为重要的生态屏障和农副产品加工基地,从而使广东省生产力布局趋于相对均衡,粮食生产空间和粮食需求空间的变化趋于相对稳定。

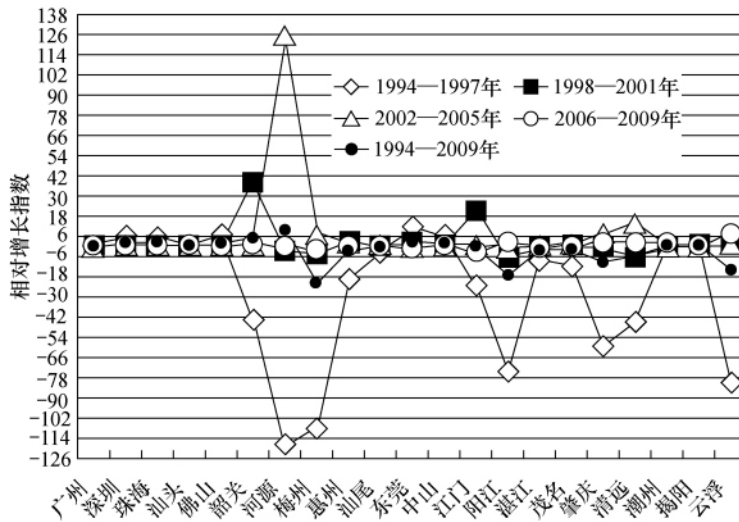


图3 1994—2009年广东省地级市的粮食供需差相对增长指数

Fig. 3 The relative growth index of the balance of grain supply and demand of cities of 1994-2009

按照贡献率的等级分布(图4),分析主导粮食需求地级市以及高贡献率地级市的空间分布特征:

(1) 主导粮食需求地级市,其粮食供需差的增长量占全省的比重明显偏高,对于全省粮食供需差增长的贡献很大,能够主导全省粮食供需差的增长态势。1994—2009年,本层次的地级市的空间分布特征为:集聚→扩散→集聚。在具体的地理分布上,先是集聚在珠三角和东翼地区,然后呈现向北部山区蔓延的趋势,最终又重新集聚在珠三角和东翼地区。本层

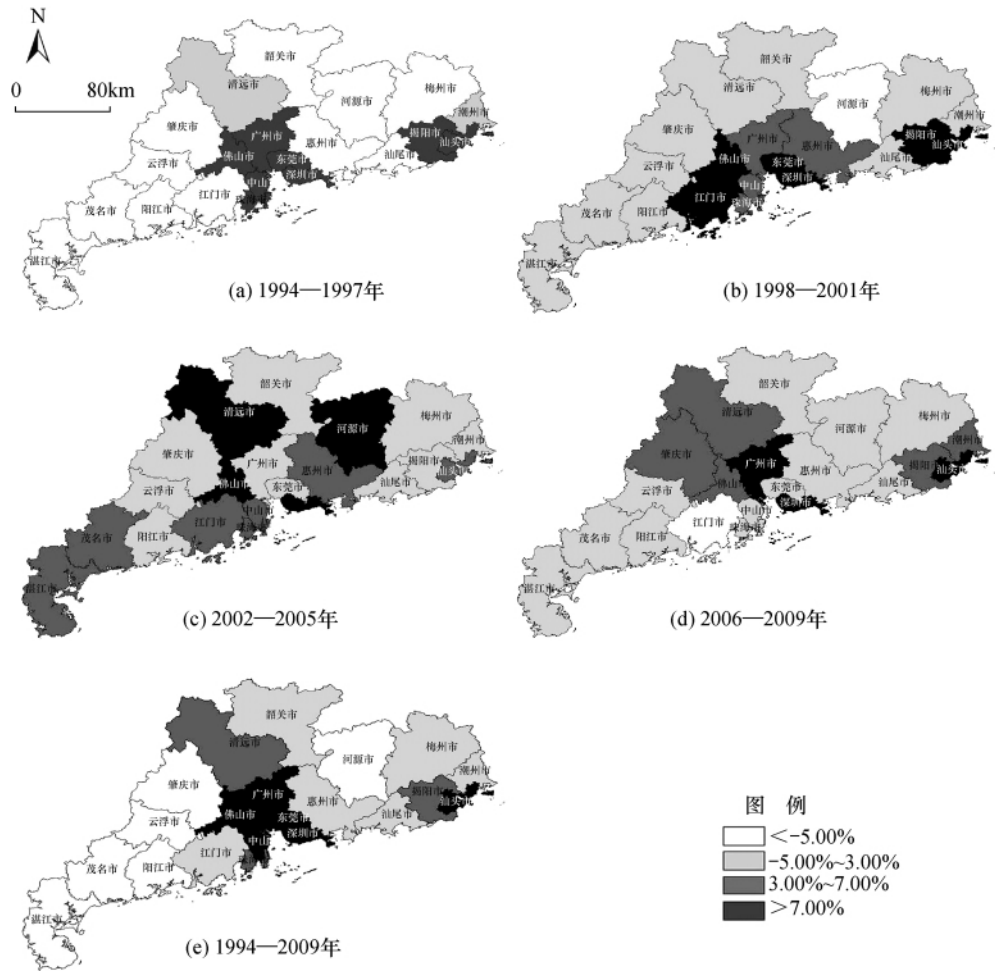


图 4 1994—2009 年广东省地级市对全省粮食供需差增长的贡献

Fig. 4 The cities' contribution to Guangdong Province of 1994-2009

次地级市扩散的原因是 2000 年以后加快北部山区发展引起的人口回流以及广东省在此阶段农业结构调整带来的北部山区粮食生产下降。本层次的地级市的数量, 不同时期差异较大, 2006—2009 年最少, 仅有 3 个。具体的地级市也有很大变动, 只有深圳一直处在本层次, 在两个以上时间段内处在本层次的地级市有广州、佛山、东莞、汕头、揭阳。1994—1997、1998—2001、2002—2005、2006—2009 年本层次地级市的平均贡献率分别为 46.07%、14.84%、15.81%、11.69%, 保持在较高的水平。

(2) 高贡献率地级市, 其粮食供需差增长量占全省的比重比较高, 对于全省粮食供需差增长的贡献比较显著, 但没有主导粮食需求地级市明显。1994—2009 年, 本层次地级市的空间分布特征是: 扩散。在具体的地理分布上表现为从珠三角向东翼、西翼及北部山区转移; 这反映了随着城市化持续进行, 更多地区农业生产作为支柱产业的格局正在逐渐改变。高贡献率地级市的数量, 不同时期差异较大, 1994—1997 为 0 个; 具体的地级市变动很大, 只有珠海、惠州、中山在两个时间段内处在本层次; 1998—2001、2002—2005、2006—2009 年本层次地级市的平均贡献率分别为 4.80%、4.57%、4.96%, 变化不大并且能够反映全省粮食供需差的增长态势。

根据 1994—2009 年各地级市的平均相对增长指数及对于全省增长的贡献(图 5), 将所有地级市划分为不同的类型进行分析(图 6), 表明地级市对全省粮食供需差增长的贡献存在空间差异性: ①高增长指数、高贡献率。这类地级市以深圳、东莞、佛山为代表。这类地级市既有较高的粮食供需差相对增长指数, 也有较高的粮食供需差贡献率, 说明在整个研究期内它们既有较快的粮食供需差增长速度, 而且对于全省粮食供需差增长的贡献份额也较大。原因是常住人口的基数大并且稳步增长, 而粮食生产的能力较低, 并且粮食生产总量逐年减少, 导致粮食供需差变大并且在全省占较高比例; ②高增长指数、低贡献率。这类地级市以河源、韶关为代表。它们有较高的粮食供需差相对增长指数、较低的粮食供需差贡献率, 说明在研究期内它们有较快的粮食供需差增长速度, 但对于全省粮食供需差增长的贡献份额较小。原因是常住人口的增加和粮食生产的减少同时发生作用, 使粮食供需差保持较快的增长速度, 但同时这类地级市有着很高的粮食生产能力, 并且常住人口的数量比较小, 导致粮食供需差在全省所占比例较低; ③低增长指数、高贡献率。这类地级市以清远为代表。它们有较低的粮食供需差相对增长指数、较高的粮食供需差贡献率, 说明在研究期内它们有较慢的粮食供需差增长速度, 但对于全省粮食供需差增长的贡献份额比较大。原因是清远的粮食生产经历了先增加后减少的过程, 并且在后期减产比较明显。而常住人口在双转移政策的影响下则表现为先减少后增加, 这导致粮食供需差相对增长指数的波动比较大并且均值偏低, 粮食供需差在全省所占比例也有波动但整体偏高; ④低增长指数、低贡献率。这类地级市比较多, 以梅州、阳江、云浮等为代表。它们有较低的粮食供需差相对增长指数, 也有较低的粮食供需差贡献率。说明粮食供需差的增长速度比较慢, 而且对于全省粮食供需差的贡献份额也比较小。原因是这类地级市的城市化和社会经济结构转型起步较晚, 常住人口数量的增加和粮食生产的减少都比较缓慢, 使粮食供需差增长速度比较慢。而较高的粮食生产能力以及在全省处于中下水平的常住人口数量, 使粮食供需差的总量比较小, 在全省粮食供需差中所占比例比较低。

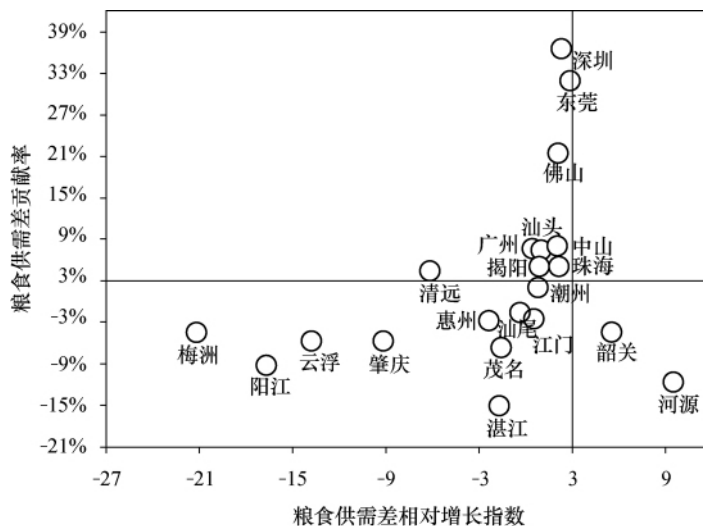


图 5 1994—2009 年广东省地级市的平均相对增长指数和贡献综合布点

Fig. 5 The comprehensive stationing of average relative growth index and contribution of cities of 1994-2009

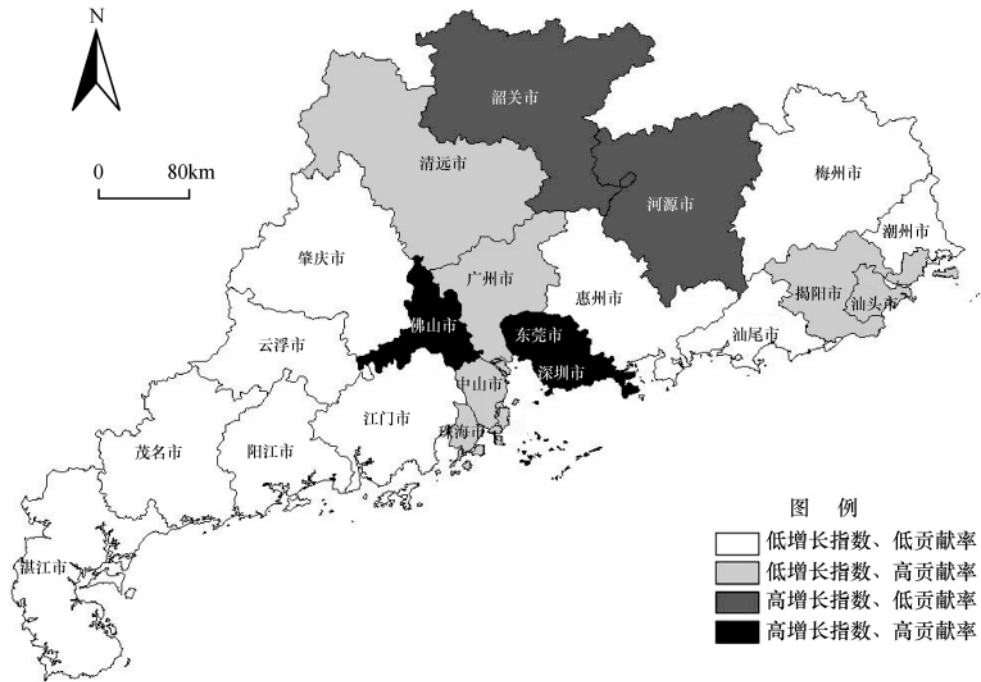


图 6 1994—2009 年广东省地级市粮食供需差贡献空间分布

Fig. 6 The contribution space distribution of cities of 1994-2009

2.3 城市化水平与粮食供需差变化

各地级市的城市化水平综合评价结果表明(图 7),广州、深圳、珠海、东莞等的城市化水平综合指数较高,而梅州、汕尾、茂名、云浮、湛江、肇庆等的城市化水平综合指数相对较低。1994—2009 年,所有地级市的城市化水平综合指数表现为增高的特征。

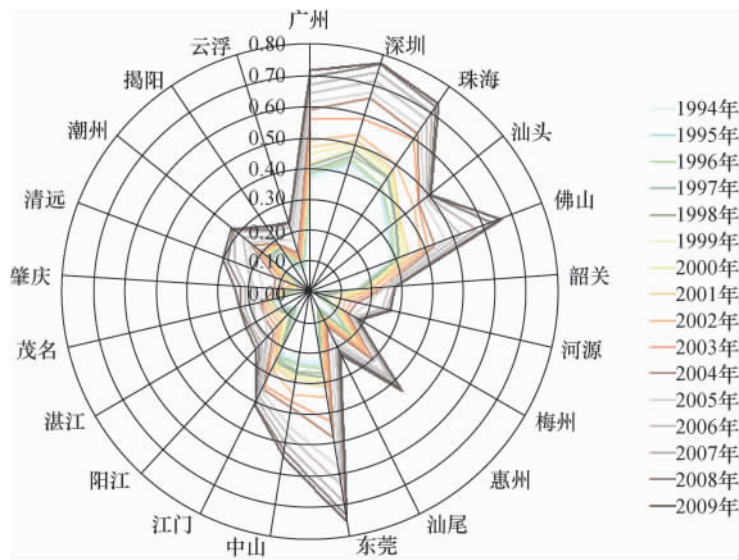


图 7 1994—2009 年广东省地级市城市化水平综合指数变化

Fig. 7 The changes of urbanization level of cities of 1994-2009

通过格兰杰因果检验的结果(图8)揭示不同城市化水平地区人均粮食供需差的变化特征。存在从城市化水平到人均粮食供需差的单向因果关系的地级市有韶关、河源、梅州、阳江、湛江、潮州、云浮等,它们的共同点是城市化水平低,处在城市化的初级阶段,城市化水平的提高在很大程度上依赖于城镇建设的进行,这导致耕地面积的减少以及粮食生产能力的降低,引起人均粮食供需差的变化。因此,城市化水平的提高带动了人均粮食供需差的变化,城市化水平是引起人均粮食供需差变化的格兰杰原因。而广州、深圳等城市化水平高的地级市则不存在这种因果关系,这是因为它们处在城市化的成熟阶段,城市化水平的提高依赖于经济城市化的进行和社会生活水平的提高,对粮食生产的影响不大。虽然人口数量的增加,以及从乡村人口向城市人口的转型伴随的粮食消费构成的变化,都会对粮食需求产生一定的影响,但对人均粮食供需差的影响并不明显。可见,在城市化水平较低地区,城市化水平的提升将直接引起人均粮食供需差的变大。因此,基于区域粮食安全的考虑,应加大城市化水平较低地区的耕地保护力度,大力推进节约集约用地以提高土地利用效率,以及用园地山坡地补充耕地以达到耕地占补平衡。这与广东省“十二五”发展战略中将北部山区定位为限制开发区域,重点发展现代农业和服务业,形成规模化的农副产品生产加工基地的定位是基本一致的。

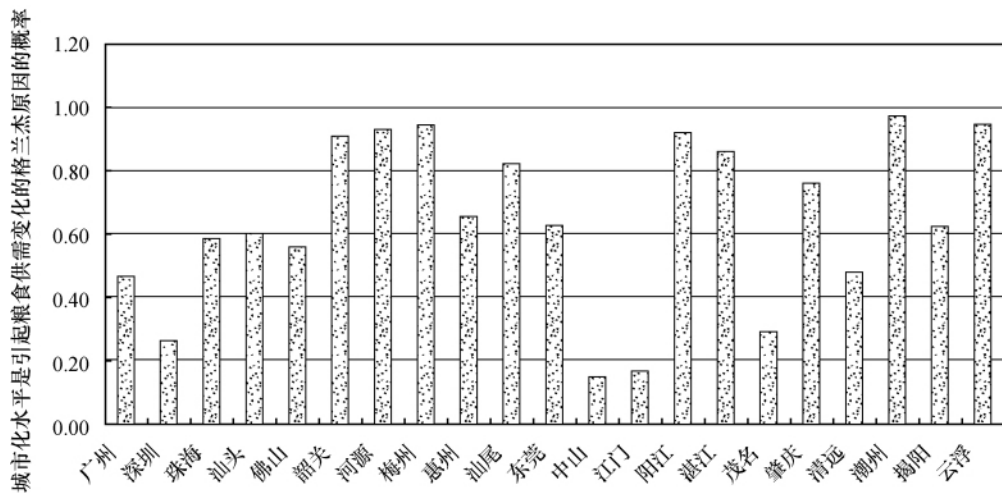


图8 1994—2009年广东省地级市城市化水平综合指数和人均粮食供需差格兰杰因果关系检验

Fig. 8 The Granger causality test between urbanization level and the per capita share of the balance of grain supply and demand of cities of 1994-2009

3 结论

基于区域粮食供给与需求分析相关研究进展,本研究首次明确将“粮食供需差”作为独立的研究对象,并在省域范围内探讨其时空动态。粮食供需差把粮食的供需两方面有效地结合起来,打破了以往分割研究两者,重粮食生产、轻粮食需求的局面,能够更加及时、客观地反映粮食供需的真实状况。同时,在粮食需求的计算方面,采用了常住人口的统计口径,使结果更加真实可靠;而在粮食供需差与城市化的关联方面,通过格兰杰因果检验探讨两者之间的因果关系,并分析了其产生的原因,以为快速城市化地区粮食安全政策的制定提供可靠的决策依据。研究主要结论如下:

(1) 1994—2009 年, 广东省的粮食生产表现为“两升两降”, 随着城市化进程的不断推进, 粮食供需差总体呈现上升的趋势和扩散的特征, 即粮食短缺从局部现象转变为普遍现象。

(2) 1994—2009 年, 21 个地级市的粮食供需差趋于平稳、缓慢增长, 且增长差异呈现变小的趋势, 表明粮食生产空间和粮食需求空间的变化趋于相对稳定。主导粮食需求地级市的空间分布特征分别是集聚→扩散→集聚, 高贡献率地级市的空间分布特征则是扩散。根据地级市粮食供需差平均相对增长指数及对于全省增长的贡献, 可以将所有地级市划分为 4 种不同的类型, 表明粮食供需差贡献存在空间差异性。

(3) 运用综合指标法, 测算了 1994—2009 年广东省 21 个地级市的城市化水平, 并利用格兰杰因果检验考察城市化水平和人均粮食供需差的因果关系, 结果表明, 在城市化水平较低地区, 城市化水平的提升将直接引起人均粮食供需差的变大。加大城市化水平较低地区的耕地保护力度是保障广东省粮食安全的有力措施。

但是, 本研究尚存在不足之处, 后续的工作将向“大”和“小”两个方面延伸。在“大”的方面, 应借鉴现有的研究成果, 将研究区域扩展到整个国家层面; 在“小”的方面, 可考虑将基本的研究单元进一步细化到县级单位。同时, 由于国家层面研究对象的差异性, 需要参考更多的评价指标进行城市化水平的测度。

参考文献 (References):

- [1] 殷培红, 方修琦, 马玉玲, 等. 21 世纪初我国粮食供需的新空间格局[J]. 自然资源学报, 2006(4): 625-631. [YIN Pei-hong, FANG Xiu-qi, MA Yu-ling, et al. New regional pattern of grain supply-demand in China in the early 21st century. *Journal of Natural Resources*, 2006(4): 625-631.]
- [2] 殷培红, 方修琦. 中国粮食安全脆弱区的识别及空间分异特征[J]. 地理学报, 2008(10): 1064-1072. [YIN Pei-hong, FANG Xiu-qi. Assessment on vulnerable regions of food security in China. *Acta Geographica Sinica*, 2008(10): 1064-1072.]
- [3] 陈印军, 王勇, 卢布, 等. 国际粮食形势及我国粮食生产潜在危机与对策[J]. 中国农业资源与区划, 2009(1): 9-16. [CHEN Yin-jun, WANG Yong, LU Bu, et al. International grain situation and latency crisis and countermeasures for grain protection in China. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2009(1): 9-16.]
- [4] 胡文海. 我国中部地区粮食生产特征及其对我国粮食安全的影响[J]. 地理研究, 2008(4): 885-896. [HU Wen-hai. Characteristics of grain production in central China and its influence on national grain safety. *Geographical Research*, 2008(4): 885-896.]
- [5] 周小萍, 陈百明, 汪鹏. 中国未来粮食综合生产能力与粮食安全保障[J]. 北京师范大学学报: 社会科学版, 2006(6): 134-140. [ZHOU Xiao-ping, CHEN Bai-ming, WANG Peng. Future comprehensive grain production capacity and food security in China. *Journal of Beijing Normal University: Social Sciences*, 2006(6): 134-140.]
- [6] 张利国. 我国区域粮食安全演变: 1949—2008[J]. 经济地理, 2011(5): 833-838. [ZHANG Li-guo. Evolution of China's regional food security: 1949-2008. *Economic Geography*, 2011(5): 833-838.]
- [7] 林毅夫. 入世与中国粮食安全和农村发展[J]. 经济研究参考, 2004(23): 28-29. [LIN Yi-fu. Enter WTO Chinese food safety and the rural development. *Review of Economic Research*, 2004(23): 28-29.]
- [8] 邵立民. 我国粮食综合生产能力与粮食安全问题研究[J]. 中国农业资源与区划, 2005(1): 27-30. [SHAO Li-min. Studies on China's grain comprehensive productivity and grain safety. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 2005(1): 27-30.]
- [9] 陈百明. 未来中国的农业资源综合生产能力与食物保障[J]. 地理研究, 2002(3): 294-304. [CHEN Bai-ming. On the comprehensive productive capacity and food security of future agricultural resources in China. *Geographical Research*, 2002(3): 294-304.]
- [10] 程叶青. 东北地区粮食单产空间格局变化及其动因分析[J]. 自然资源学报, 2009, 24(9): 1541-1549. [CHENG

- Ye-qing. Spatial pattern change and its driving factors of grain per unit area yield in northeast China. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(9): 1541-1549.]
- [11] 张金萍,秦耀辰. 县域粮食单产及其生产投入因素的空间异质性——以河南省为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 373-381. [ZHANG Jin-ping, QIN Yao-chen. Spatial heterogeneity of grain yield per hectare and factors of production inputs in counties: A case study of Henan Province. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(3): 373-381.]
- [12] 成六三,吴普特,赵西宁. 黄土丘陵区退耕还林工程对县域粮食安全的影响——以陕西省清涧、米脂、子洲、吴堡县为例[J]. 自然资源学报, 2010, 25(10): 1689-1697. [CHENG Liu-san, WU Pu-te, ZHAO Xi-ming. The effects of grain for green project on the county-level food security in the loess plateau hilly region—A case study in Mizhi, Qingjian, Zizhou and Wupu Counties of Shaanxi Province. *Journal of Natural Resources*, 2010(10): 1689-1697.]
- [13] 刘玉,刘彦随,郭丽英. 环渤海地区粮食生产地域功能综合评价与优化调控[J]. 地理科学进展, 2010(8): 920-926. [LIU Yu, LIU Yan-sui, GUO Li-ying. Evolvement of spatial pattern of per capita grain possession at county level in the area along Bohai Rim of China. *Scientia Geographica Sinica*, 2011(1): 102-109.]
- [14] 赵婷婷,张凤荣,姜广辉,等. 快速城市化区域粮食生产空间变化及驱动力研究——以北京市顺义区为例[J]. 资源科学, 2010(5): 976-984. [ZHAO Ting-ting, ZHANG Feng-rong, JIANG Guang-hui, et al. Analysis of spatial variations in grain yield and relevant driving forces in rapid urbanization regions: A case study on Shunyi in Beijing. *Resources Science*, 2010(5): 976-984.]
- [15] 贾科利. 宁夏粮食生产地域格局变化分析[J]. 水土保持研究, 2010(2): 195-198. [JIA Ke-li. Regional pattern changes of grain production in Ningxia Hui Autonomous Region. *Research of Soil and Water Conservation*, 2010(2): 195-198.]
- [16] 张红富,周生路,吴绍华,等. 江苏省粮食生产时空变化及影响因素分析[J]. 自然资源学报, 2011, 26(2): 319-327. [ZHANG Hong-fu, ZHOU Sheng-lu, WU Shao-hua, et al. Temporal and spatial variation of grain production in Jiangsu Province and its influencing factors. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(2): 319-327.]
- [17] 王千,金晓斌,阿依吐尔逊·沙木西,等. 河北省粮食产量空间格局差异变化研究[J]. 自然资源学报, 2010, 25(9): 1525-1535. [WANG Qia, JIN Xiao-bi, Ayituerxun Shamux, et al. Space difference research of the grain production in Hebei province. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(9): 1525-1535.]
- [18] 邓吉祥,程叶青,张阳生. 21世纪初黑龙江省粮食生产的区域差异及成因分析[J]. 干旱地区农业研究, 2010(3): 214-218. [DENG Ji-xiang, CHENG Ye-qing, ZHANG Yang-sheng, et al. Regional differentiation and its driving factors of grain production in the early 21st century in Heilongjiang Province. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2010(3): 214-218.]
- [19] 冯跃,鲁春霞,马蓓蓓. 京津冀地区粮食供需的空间格局变化特征[J]. 资源科学, 2009(4): 566-573. [FENG Yue, LU Chun-xia, MA Bei-bei, et al. Spatial pattern changes of grain supply and demand in Beijing - Tianjin-Hebei region. *Resources Science*, 2009(4): 566-573.]
- [20] 刘玉,刘彦随,郭丽英. 环渤海地区县域人均粮食占有量空间格局演化[J]. 地理科学, 2011(1): 102-109. [LIU Yu, LIU Yan-sui, GUO Li-ying. Evolvement of spatial pattern of per capita grain possession at county level in the area along Bohai Rim of China. *Scientia Geographica Sinica*, 2011(1): 102-109.]
- [21] 姜广辉,张凤荣,吴建寨,等. 北京山区建设用地扩展及其与耕地变化关系研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(10): 88-93. [JIANG Guang-hui, ZHANG Feng-rong, WU Jian-zhai, et al. Construction land expansion and its relationship with cultivated land in Beijing mountainous areas. *Transactions of the CSAE*, 2006(10): 88-93.]
- [22] 王志宝. 中国人口城镇化的省级行政单元差异分析[J]. 城市发展研究, 2011(1): 90-96. [WANG Zhi-bao. Analysis on differences of provincial-level administrative units' population urbanization in China. *Urban Studies*, 2011(1): 90-96.]
- [23] 王亚力,朱翔. 新世纪中部六省城市化进程及其综合效益的对比分析[J]. 生态经济, 2010(10): 30-33. [WANG Ya-li, ZHU Xiang. Contrastive-analysis on the process and overall efficiency of urbanization of six provinces in central China since 2000. *Ecological Economy*, 2010(10): 30-33.]
- [24] 李陈,欧向军,黄翌,等. 基于复合指标法对省际边缘区城市化水平测度——以淮海经济区为例[J]. 国土与自然资源研究, 2011(1): 21-23. [LI Chen, OU Xiang-jun, HUANG Yi, et al. Based on composite index method and measured the level of urbanization on the inter-provincial marginal zone—Take Huaihai economic zoo as an example. *Territory & Natural Resources Study*, 2011(1): 21-23.]
- [25] 郑文武,田亚平,邹君,等. 基于GIS的南方丘陵生态脆弱区土地利用适宜性研究——以衡阳盆地为例[J]. 地

- 理与地理信息科学, 2010(6): 79-83. [ZHENG Wen-wu, TIAN Ya-ping, ZOU Jun, et al. Evaluation of land use suitability of hilly area in southern China based on GIS: A case study in the Hengyang basin. *Geography and Geo-Information Science*, 2010(6): 79-83.]
- [26] 方忠权, 王章郡. 民航运输增长和区域经济发展的格兰杰因果检验——以广州白云国际机场为例[J]. 城市发展研究, 2011(6): 118-121. [FANG Zhong-quan, WANG Zhang-jun. Granger causality relationship between civil aviation transportation growth and regional economic development: A case study on Guangzhou Baiyun International Airport. *Urban Studies*, 2011(6): 118-121.]
- [27] 卫海燕, 赵安周, 白凯. 陕西省城市化与城市资源压力的协整检验与因果分析[J]. 城市发展研究, 2011(5): 27-33. [WEI Hai-yan, ZHAO An-zhou, BAI Kai. Cointegration test and granger causality test for the relationship between urbanization level and urban resource stress in Shaanxi Province. *Urban Studies*, 2011(5): 27-33.]

Spatial-temporal Analysis of Grain Supply and Demand in Rapid Urbanization Regions in Eastern China: A Case Study of Guangdong Province

WU Jian-sheng^{1,2}, JIANG Pei-pe^{1,2}, HUANG Xiu-lan³, PENG Jian^{1,2}, WANG Zheng^{1,2}

(1. Key Laboratory for Environmental and Urban Sciences, School of Urban Planning & Design, Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China; 2. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; 3. Shenzhen Graduate School, Peking University, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The balance of grain supply and demand accurately reflects the condition of grain supply and demand. It is of great significance to ensure grain security. Existing studies usually focus on single factor of grain supply and demand, however, the spatial-temporal changes of the relationship between grain supply and demand, especially how urbanization influences them are rarely involved. Basing on the statistic data concerning grain production and population of Guangdong Province from 1994 to 2009, and taking Guangdong Province as the research object, the space differentiation is analyzed through constructing space cluster-diffusion and contribution index and the relationship between urbanization level and the balance of grain supply and demand is analyzed with Granger causality test. Since 1994, the balance of grain supply and demand of Guangdong Province appears rise and diffusion and grain shortages change to common phenomenon. The balance of grain supply and demand of the 21 cities tends to slow down growth and the difference among them appears smaller. The spatial distribution characteristic of cities leading grain needs is cluster→diffusion→cluster, and for cities with high contribution rate is diffusion. The balance of grain supply and demand has significant spatial differences. All the 21 cities can be divided into four types as high growth index with high contribution rate, high growth index with low contribution rate, low growth index with high contribution rate and low growth index with low contribution rate. Granger causality test indicates the improvement of urbanization level can enlarge the per capita share of the balance of grain supply and demand in low urbanization regions.

Key words: the balance of grain supply and demand; space cluster-diffusion; relative growth index; urbanization level; Granger causality test