

基于县域尺度的京津冀地区粮食产需时空格局及安全研究

卫晓梅¹ 吴健生^{1,2*} 黄秀兰¹ 刘洪萌³

(1. 北京大学 深圳研究生院/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/地表过程与模拟教育部重点实验室, 北京 100871;

3. 弗莱堡大学, 环境社会科学和地理学院, 德国 弗莱堡 79085)

摘要 应用 GIS 技术和空间自相关分析方法, 对京津冀地区 1990—2010 年粮食产需的时空格局变化进行研究, 构建粮食安全指数, 识别京津冀粮食安全区域及其变化。结果表明: 1990 年以来, 京津冀地区粮食生产经历了上升期、快速下降期、恢复增长期 3 个变化阶段, 粮食低产县逐年减少, 中产县基本保持稳定, 高产县则呈上升趋势; 粮食产需存在明显空间聚集现象, 南部平原成为粮食生产及产需差热点, 而北部则为低值聚集区; 在安全区域识别方面, 大部分县属于生产安全-消费安全类型, 较少县属于生产安全-消费不安全类型, 生产不安全-消费不安全的类型最少; 对区域安全变化进行分类, 安全-安全类型的县主要分布在南部平原地区, 不安全-不安全类则主要为直辖市市区、地级市市区以及北部高原、山地区。京津冀作为一体化协同发展地区, 地区间优势互补, 对整个区域的粮食安全具有重要意义。

关键词 京津冀; 粮食产需; 时空格局; 安全识别

中图分类号 F 304.5

文章编号 1007-4333(2016)12-0124-09

文献标志码 A

Spatial-temporal pattern changes and security of grain production and demand at county level in Beijing-Tianjin-Hebei region

WEI Xiao-mei¹, WU Jian-sheng^{1,2*}, HUANG Xiu-lan¹, LIU Hong-meng³

(1. Shenzhen Graduate School/Key Laboratory of Urban Habitant Environment Science and Technology,

Peking University, Shenzhen 518055, China;

2. College of Urban and Environmental Sciences/Laboratory of Earth Surface Processes of Ministry of Education,

Peking University, Beijing 100871, China;

3. Institute for Environmental Social Sciences and Geography, University of Freiburg, Freiburg 79085, Germany)

Abstract GIS technique and spatial autocorrelation tools are used to analyze the spatial-temporal pattern of the grain production and demand in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1990 to 2010. Grain security index is built to identify grain security areas and investigate its changes. The results show that: 1) The grain production in Beijing-Tianjin-Hebei region has experienced the following 3 phases of change since 1990, rising phase from 1990 to 1998, rapidly declining phase from 1999 to 2003 and re-increasing phase from 2003 to 2010; 2) The counties with low grain yield reduce by year and those with medium grain yield remain stable. On the contrary, counties with high grain yield keep growing, which are mainly in the north part of the region; 3) The result of grain production and demand analysis indicates the existence of spatial aggregation. While the southern plain becomes the hot spot of grain production and production-demand difference area where the grain production can fully satisfy its demand, the northern part is the cold spot in which the relationship between grain production and demand is quite tight. 4) Most counties in the study area belong to safe in production and

收稿日期: 2016-01-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(41271101)

第一作者: 卫晓梅, 硕士研究生, E-mail: wxmei2013@163.com

通讯作者: 吴健生, 教授, 主要从事自然地理、景观生态和土地利用规划研究, E-mail: wujs@pkusz.edu.cn

safe in demand category, followed by the category of safe in production-unsafe in demand. The unsafe in production and unsafe in demand category accounts for the least number of counties. Moreover, the classification of the changes in regional security shows that the majority of safe safe-safe counties locate in southern plain area, while the unsafe-unsafe counties are mainly distributed in the urban area of municipality and prefecture-level cities, the northern plateau, and mountain regions. In conclusion, in the view of cooperative development, complementary advantages of Beijing-Tianjin-Hebei region have important practical significance for the grain security of the whole area.

Keywords Beijing-Tianjin-Hebei region; grain production and demand; spatial and temporal pattern; security identification

我国人多地少,粮食安全始终是关系国民经济发展、社会稳定和国家自立的全局性重大战略问题。在市场调剂余缺空间有限的客观条件下,保障粮食基本自给是确保国家粮食安全的现实选择,也是粮食政策的基本方针^[1]。随着人口持续增长和快速工业化、城市化,我国粮食生产格局发生了明显的变化,粮食产销格局也由历史上的“南粮北调”逐步转变为“北粮南运”^[2]。粮食的重要性以及新形势下的格局动态变化使得粮食安全问题一直都受到中央和学术界的普遍关注^[3-5]。

目前,国内大量研究围绕粮食单产^[6-7]、人均粮食占有量^[8-9]、粮食生产的空间变化^[10-11]、增产潜力与影响因素^[12-14]等方面,侧重于粮食生产方面的研究,研究范围则集中于全球、全国或省域等大尺度^[15-17],忽视了较小尺度上的空间关联性与异质性。在粮食产需研究方面,已有研究^[18-20]根据联合国农粮组织公布的人均营养热值标准与卢良恕等^[21-22]的研究结果,以人均粮食占有量 400 kg 作为需求量标准来确定粮食的余缺区,此后研究均以 400 kg 作为标准分析粮食产需格局特征。这些研究在宏观上反映了我国粮食生产或产需格局的变化,但对于一些地理上有紧密联系的区域和市县尺度的研究相对薄弱,涉及到粮食产需差时存在模糊性,难以更好地揭示区域性粮食短缺和粮食不安全问题。

在全球化、信息化和区域经济一体化进程不断推进的背景下,城市群逐渐取代单一城市成为中国参与国际劳动分工的重要功能区域^[23]。京津冀和长三角、珠三角作为中国东部沿海地区的三大城市群,区域一体化发展一直备受瞩目。然而,相比长三角和珠三角,京津冀内部强烈的贫富差距以及 2 个特大城市与周围广泛农村地域之间的城乡矛盾导致该区域在实现协调发展过程中面临的问题更严峻。粮食安全是国民经济和社会发展的基础,也是城乡之间资源整合和功能互补的体现,在国家对京津冀协同发展的战略要求下,深入研究京津冀的粮食产

需安全特征与变化规律,对促进区域粮食安全发展,解决粮食短缺问题,优化粮食生产布局具有深远的意义。本研究以京津冀 2 个直辖市以及 11 个地级市下辖的 165 个区、县(以下统称为县)为研究单元,重点关注粮食产需,构建粮食安全指数,研究粮食产需的时空格局与安全变化特征,以期京津冀粮食格局的认识和战略调整提供理论依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本研究所使用的主要数据包括各县粮食生产数据、城镇与乡村常住人口数据、人均粮食消费数据。生产数据、人均消费数据来源于《北京统计年鉴》、《天津统计年鉴》、《河北农村统计年鉴》、《河北经济年鉴》、《中国农村统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国区域经济统计年鉴》等统计年鉴,常住人口的分县数据来源于第四、五、六次人口普查数据。

1.2 粮食安全指数构建和区域类型识别

1) 粮食生产和消费量。

本研究中“粮食”按照国家统计局指标解释,包括谷物、豆类和薯类三大类,“消费量”仅指口粮消费。粮食产需差指粮食生产量减去消费量。生产量通过统计年鉴获得,而消费量并无可查的分县数据,因此,利用可获得的人均粮食消费量,以各县城镇、乡村人口分别乘以当年全国城镇人均粮食消费量和北京市、天津市、河北省的乡村人均粮食消费量,计算获得各县粮食消费量:

$$C_i = P_{ui} \times C_{ui} + P_{ri} \times C_{ri} \quad (1)$$

式中: C_i 为 i 县的粮食消费量; P_{ui} 为 i 县的城镇人口; P_{ri} 为 i 县的乡村人口; C_{ui} 为当年全国城镇人均粮食消费量; C_{ri} 为 i 县所属直辖市或省的乡村人均粮食消费量。

2) 粮食生产安全指数和消费安全指数。

目前,粮食自给率和人均粮食占有量是衡量一个国家或地区粮食是否安全的重要标准^[5,24]。因此

对于粮食安全区域的识别,从粮食自给率和人均粮食占有量为出发点,结合联合国粮农组织(FAO)和我国已有研究结果^[18-22],将粮食自给率95%作为各县粮食生产上的安全,保证口粮在95%的安全线以上,人均粮食占有量400 kg作为粮食消费上的安全,这个消费不仅包括口粮,还包括加工用粮、饲料用粮等,构建了粮食安全指数,表征研究区域的粮食安全状况。

综上,本研究将粮食自给率与安全自给率95%的比值,定义为生产安全指数,其中,自给率=生产量/消费量。生产安全指数公式如下:

$$I_i = \frac{P_i}{C_i \times 0.95} \quad (2)$$

式中: I_i 为*i*县粮食生产安全指数; P_i 为*i*县粮食生产量; C_i 为*i*县粮食消费量。 I_i 是一个大于0的数值,当 $I_i < 1$ 时,表示*i*县的粮食生产不能自给, i 值越小,粮食自给率越低,粮食产量越紧缺;当 $I_i \geq 1$ 时,表示*i*县的粮食生产能够自给, i 值越大,自给程度越高,产量相对消费盈余越多。

将人均粮食占有量与400 kg/人的比值,定义为消费安全指数:

$$Q_i = \frac{P_i}{(P_{wi} + P_{ri}) \times 400} \quad (3)$$

式中: Q_i 为*i*县粮食消费安全指数, Q_i 值为正,当 $Q_i < 1$ 时,即人均消费不能达到安全标准,值越小,粮食产需越紧张, $Q_i \geq 1$,表示人均需求可以满足,值越大,粮食产需越安全。

1.3 空间格局特征分析

1)全局空间自相关。空间自相关通过对事物或现象空间分布格局的描述与可视化,测度空间单元属性值的整体分布,判断此属性值在空间上是否存在集聚特性。本研究采用Global Moran's I 反映京津冀县域粮食产量及产需差的空间集聚总体特征:

$$I(d) = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (4)$$

式中: n 为研究县的数量; x_i 为*i*县的粮食产量或粮食产需差的值, \bar{x} 为 x_i 的平均值。 w_{ij} 为*i*县与*j*县之间的空间连接矩阵,表示研究县在空间上潜在的相互作用。

2)局部空间自相关。全局空间自相关能够判断粮食供给或产需差是否有集聚特性存在,但其并不

能确切地指出聚集区的空间位置。因此,本研究采用局部自相关中的Getis-Ord G_i^* 指数绘制空间聚集的冷热点图,分析粮食产需的时空格局特征。

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{X} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2]}{n-1}}} \quad (5)$$

式中 S 为研究县粮食数据的标准差:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{X})^2}$$

2 粮食生产格局特征

2.1 总体变化特征

1990—2010年京津冀地区粮食总产量由 2.731×10^4 t增至 3.253×10^4 t,增产约20%。河北省粮食产量约占整个京津冀粮食产量的90%,是京津冀的粮食主产区。其间,河北、天津粮食产量的变化过程与整体区域变化趋势大体一致,经历了“上升—下降—回升”的波动发展过程,北京则只经历了“下降—上升”的变化过程(图1)。可将京津冀粮食产量变化过程分为3个阶段:1)上升期(1990—1998年),这一阶段粮食产量总体保持增长趋势;2)快速下降期(1999—2003年),京津冀粮食产量大幅度下滑,北京、天津下降明显,至2003年,其粮食产量分别下降至 58×10^4 t和 119×10^4 t,是1990年以来粮食产量的最低点,这个时期城市化和工业化迅速发展,大量耕地被占用,加之中央推行“退耕还林还草”等重大战略措施,导致粮食明显减产;3)恢复增长期(2003—2010年),2003年以来,中央政府采取了一系列支持和改善粮食生产的政策和措施,有效保护了耕地,并调动农民的生产积极性,促进了粮食增产,使粮食呈现恢复性增长。

2.2 粮食生产分级特征

1990—2010年,京津冀地区县域平均粮食单产为 5.253 kg/hm²。按照平均单产法^[25-26],以平均单产上下浮动15%为限,将研究区内各县分为高产县(> 6.000 kg/hm²)、中产县($> 4.500 \sim 6.000$ kg/hm²)和低产县(≤ 4.500 kg/hm²)。图2示出京津冀粮食单产时空格局变化,可以发现,粮食高产县显著增多,低产县明显减少,中产县则较为稳定。1990—2000年,高产县数量占京津冀地区总县数的

比重从 13% 上升至 29%，低产县所占比重从 62% 下降至 44%，中产量占比上升 5%，此阶段冀中南地区出现高产县聚集现象，南部低产县显著较少。2000—2010 年，高产县数量继续增长，占总县数比重达到 50% 以上，低产县所占比重持续下降，从 2000 年的 44% 下降至 2010 年的 22%，此外，2010 年中产量数量略有减少，所占比重与 1990 年相同。

总体来看，京津冀大部分县粮食生产得到了改善，高产县逐步聚集在冀中南平原区的栾城、新乐、宁晋县周围，低产县在坝上高原和冀西北部山区的张北、沽源、围场县周围密集分布，而中产县不存在明显的聚集现象，呈分散分布。尤其是 1990—2010 年京津冀南部地区高产县范围明显扩大，低产县大幅减少，对整个京津冀地区的粮食安全起到了积极的作用。

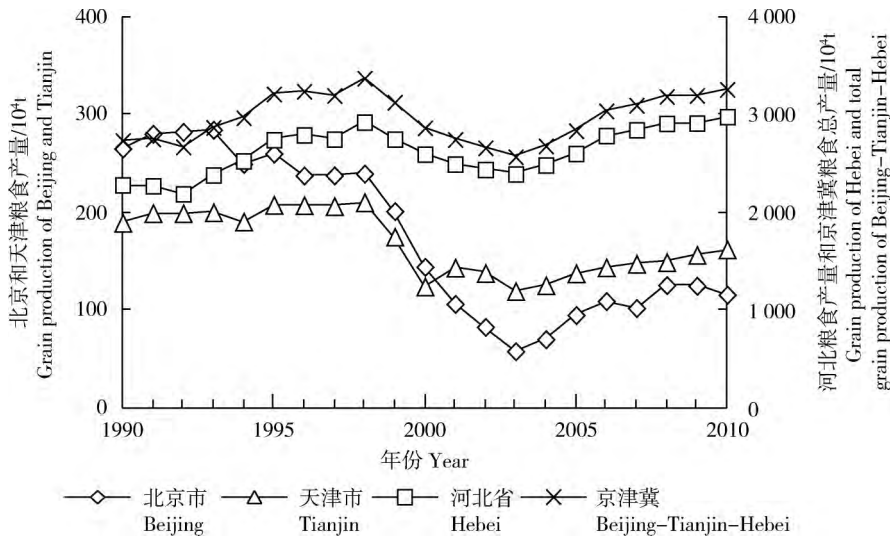


图 1 1990—2010 年京津冀地区粮食产量变化

Fig. 1 Changes of grain production in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1990 to 2010

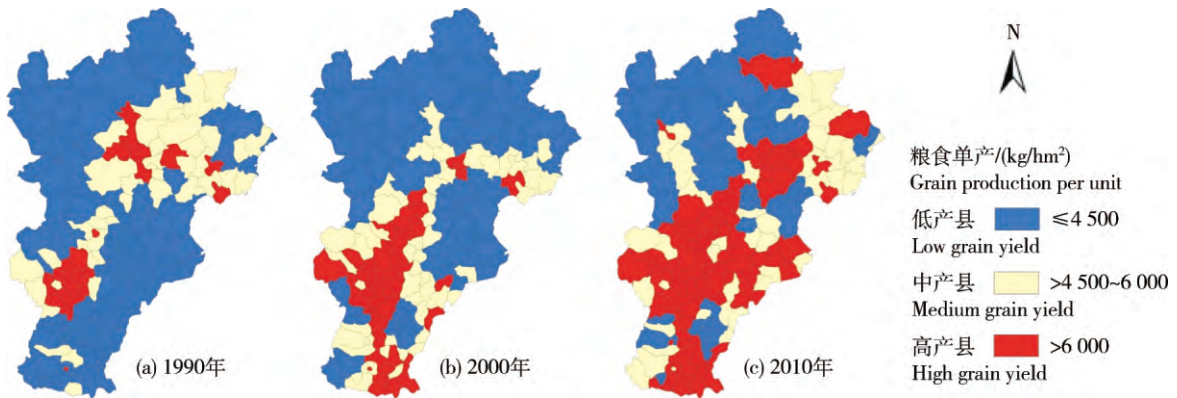


图 2 1990—2010 年京津冀粮食单产时空格局变化

Fig. 2 Changes of spatial and temporal pattern of grain production per unit in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1990 to 2010

2.3 粮食生产空间格局特征

单产等级相同的县在空间上呈现连片分布现象，说明各县粮食生产在空间上的分布并非完全随机状态，邻近的县粮食生产可能存在空间相互关联。京津冀地区县域粮食生产量的 Global Moran's *I* 估计值在 3 个研究年份中均为正(表 1)，并通过 1%

的显著性检验，表明京津冀粮食生产具有明显的空间聚集性，即粮食生产量高(低)的县，其周边县的粮食生产量也较高(低)。

通过局部空间自相关热点分析进一步得到聚集区域，京津冀地区粮食生产呈现明显的高低值聚集特征(图 3)。1990 年京津冀东部和西部呈现高低值

表1 京津冀地区县域粮食生产量的 Moran's I 值Table 1 Moran's I of grain production at the county level in Beijing-Tianjin-Hebei

指数 Index	1990年	2000年	2010年
Moran's I	0.311 3	0.387 2	0.318 2
$E(D)$	-0.006 1	-0.006 1	-0.006 1
$Z(D)$	6.713 9	8.278 9	6.825 6

聚类,高值主要分布在东部的北京市区、天津市区、顺义、宝坻等县,低值则分布在西部张北县、崇礼县、

赤城县一带以及张家口市区。此外,南部石家庄市、邢台市以及周边县也分别存在少量的高、低值集中分布。1990—2010年,京津冀粮食生产的高值逐渐向冀中南平原地区转移,南部的深州市、辛集市等县成为明显的高值聚集区域,北京市区、天津市区不再是高值聚集区;低值则逐渐向西北高原、山地地区扩散,东北部山区的承德市区、滦平县等也成为低值聚集区。总体而言,形成1990—2010年这种格局的主要原因是低值聚集区城市化的快速扩张和自然环境的影响,而高值聚集区处于传统农业区,生产条件优越,且经济相对发达,农业基础设施较为完善。

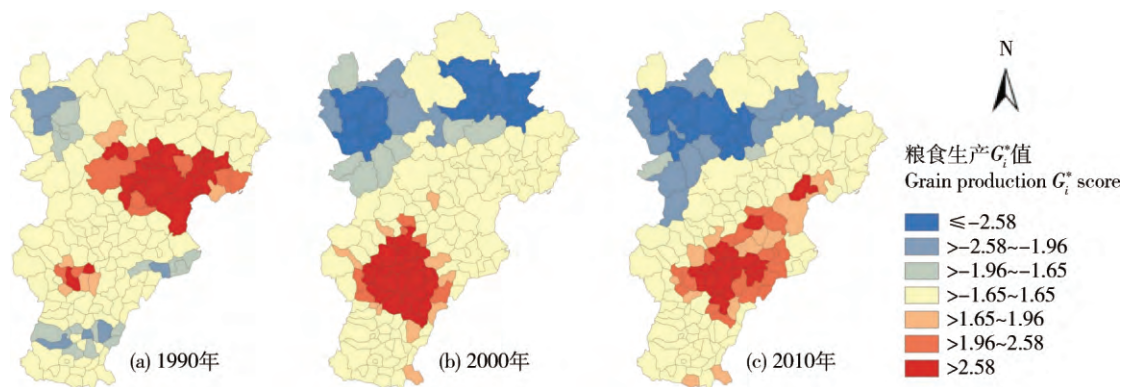


图3 京津冀地区粮食供给的高值(热点)和低值(冷点)分布

Fig. 3 High value (hot spot) and low value (cold spot) of grain production in Beijing-Tianjin-Hebei

3 粮食产需与安全格局

3.1 粮食产需差格局特征

通过分析粮食产需差的时空分布可知,粮食产需差与粮食生产存在相似的空间分布特征(图4)。粮食盈余区集中分布在中南部生产条件优越的平原地区,以深州市、辛集市、宁晋县为主,亏损或存在威胁的地区主要分布在西北部高原、山地地区和城市化高度发达的北京市区及其周边县。1990年粮食产需差在空间上聚集特征不明显,主要原因是1990年京津冀城市化发展处于起步阶段,各县农业占总产业比重较高,并且劳动力流失和涌入影响较小,各县粮食产量能够较好地维持粮食消费,产需差不存在明显的高低值聚集特征。90年代末,国家开始实施“退耕还林还草”工程,北部高原、山地丘陵区耕地多转为林地草地,而南部平原农业生产技术大力提升,粮食大幅度增产,粮食供需差形成明显的时空冷热点分异特征。粮食产需差与粮食生产在空间高低值聚集分布的相似性正说明了粮食生产在保障粮食

安全方面的重要性。

3.2 粮食安全区域识别及其变化分析

由式(2)和(3)计算得到各县生产安全指数 I_i 值和消费安全指数 Q_i 值,在此基础上,以指数值 ≥ 1 或指数值 < 1 为划分依据,对京津冀各县粮食安全状态进行分类,分类标准如表2所示。本研究不考虑粮食贸易市场,结合我国国情,当某县的粮食生产安全指数 < 1 时,该县的粮食消费安全指数也必然 < 1 ,故在分类中不存在生产不安全-消费安全类型的县。综上,将京津冀粮食安全区域分为3类:生产安全-消费安全、生产安全-消费不安全、生产不安全-消费不安全。

通过分析1990—2010年京津冀地区各县粮食安全类型(图5)可知,生产安全-消费安全县呈上升趋势,至2010年达到110个,约占研究县总数的67%,主要分布在南部平原粮食主产区。生产安全-消费不安全县下降到44个,集中在京津冀北部高原、山地丘陵区,这些县粮食产量可以满足消费,但尚未达到人均400 kg的营养期望。1990—2010年,生产

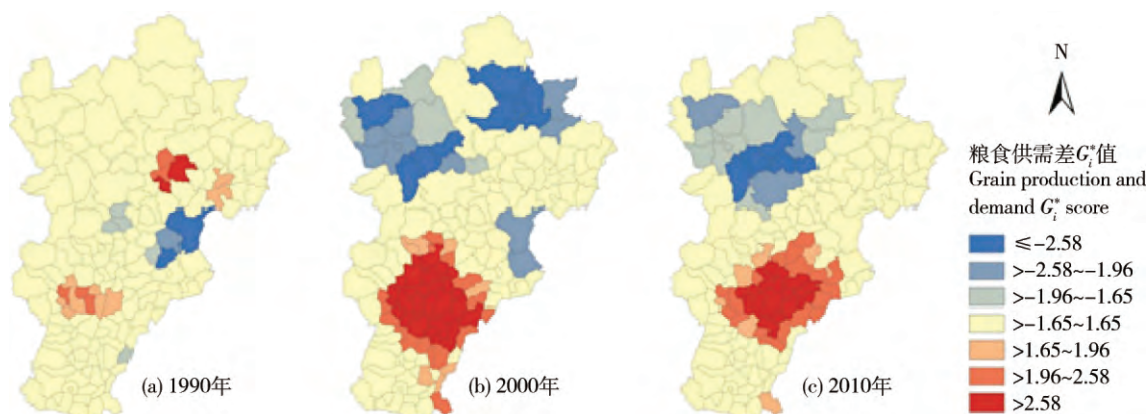


图 4 京津冀地区粮食产需差的高值(热点)和低值(冷点)分布图

Fig. 4 High value (hot spot) and low value (cold spot) of grain production and demand in Beijing-Tianjin-Hebei

表 2 京津冀各县粮食安全状态分类标准

Table 2 Classification standards of grain security status of Beijing-Tianjin-Hebei counties

安全指数 Security index	安全类别 Security type
$I_i \geq 1, Q_i \geq 1$	生产安全-消费安全
$I_i \geq 1, Q_i < 1$	生产安全-消费不安全
$I_i < 1, Q_i < 1$	生产不安全-消费不安全

注： I_i 表示粮食安全指数， Q_i 表示消费安全指数。

Note: I_i represents the security index of grain production, Q_i represents the security index of grain demand.

不安全-消费不安全感所占比重有所下降，由 1990 年的 11% 下降至 2010 年的 7%，呈分散分布，并且该类县多为经济发达的直辖市市区、地级市市区以及一些自然生产条件较为恶劣的地区。值得注意的是，在 2000 年，生产不安全-消费不安全感比重显著上升，增加到 18%，主要分布在北部的高原、山地丘陵等地，呈现集聚现象，主要原因是这个时期国家开始对农村经济结构进行调整，并逐步实施“退耕还林还草”工程，导致粮食产量显著降低，但 2003 年后，政府开始实施鼓励农民种粮的惠农政策，调动了农民生产积极性，促进了粮食增产。

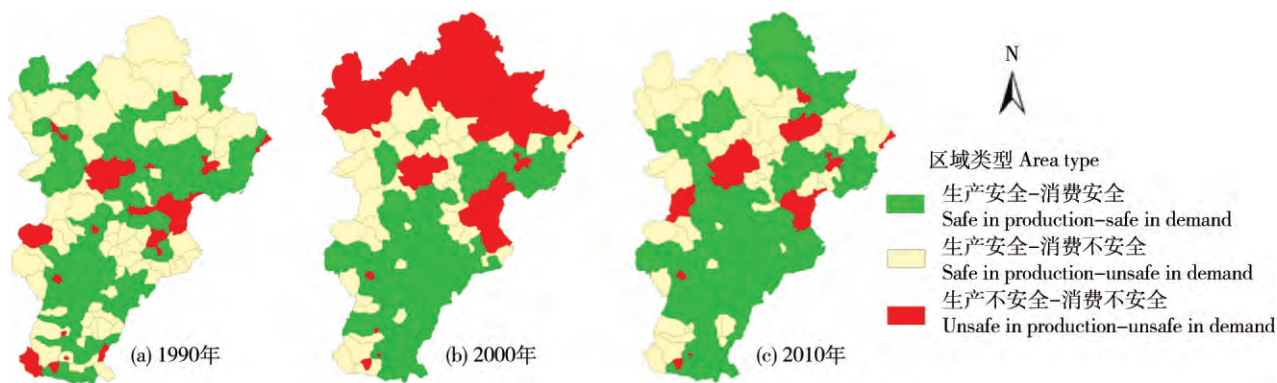


图 5 1990—2010 年京津冀地区各县粮食安全类型

Fig. 5 Type of grain security of counties in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1990 to 2010

将 1990 和 2010 年粮食安全类型进行叠加，分析 1990—2010 年京津冀粮食安全变化格局。将粮食状态一直处于安全类型，定义为安全-安全类；安全状态降为不安全（生产或消费不安全均视为不安

全）状态的类型，定义为安全-不安全类；不安全升为安全状态的类型，定义为不安全-安全类；而一直处于不安全状态的类型，定义为不安全-不安全类。

根据图 6 示出的京津冀各县粮食安全状态变化

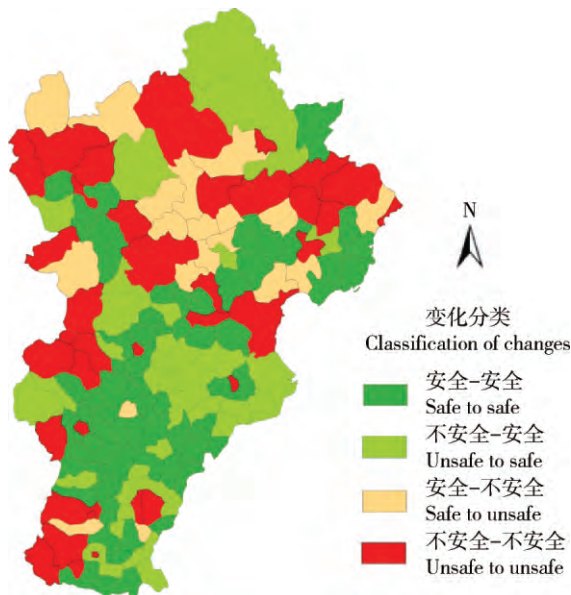


图6 京津冀粮食安全状态变化

Fig. 6 Changes of grain security status in Beijing-Tianjin-Hebei region

可知,到2010年,67%的县处于安全状态。其中,40%的县1990—2010年一直处于安全状态,这类县地处华北平原和燕山山前平原,地势平坦,土壤肥沃,生产条件优越,农业基础设施相对完善,粮食生产稳定并且产量高,是京津冀的传统农业区,有力保障了粮食安全;此外,27%的县从1990年的不安全状态转为2010年的安全状态,主要是地区农业生产条件的改善和技术的提升。而昌平、怀柔、宁河、丰南等县,紧邻北京、天津等中心城市,受到经济发展带动以及国家政策影响较大,主导产业发生变化,粮食产量显著降低,导致粮食状态由安全降为不安全状态。粮食安全状态变化类型中,值得重视的是粮食状况一直处于不安全的县,此类型县可以归为两种情况,一种是以北京市区、天津市、石家庄市等地为代表,城市化快速发展,土地利用方式发生变化,城市用地急剧扩张,耕地面积减少,加之大量外来人口进入城市工作,造成粮食产量降低但需求增大;另一种主要是由于自然条件造成的,如处于蒙古高原南缘的张北县、丰宁满族自治县,处于山地丘陵区的兴隆县、青龙满族自治县以及处于太行山系下的阜平县、涞源县等京津冀边缘县,这些地区海拔较高,地势起伏比较大,不适宜粮食作物的大量种植,农业生产条件相对比较恶劣,受到自然条件 and 经济发展水平的双重约束,并且还受到国家“退耕还林

还草”政策的影响,种植结构发生变化,粮食产量较低。

4 结论与讨论

4.1 结论

1)1990年以来,京津冀地区粮食生产经历上升期、快速下降期、恢复增长期3个变化阶段。冀中南平原地区粮食高产县数量明显增加,并且成为粮食生产的高值聚集区,而北部高原、山地丘陵低产县增多,粮食产量低值聚集明显。总体看,北京、天津对于京津冀粮食产量的贡献均下降,河北粮食产量稳步上升,是京津冀粮食主产区以及京津冀粮食安全的重要保障。

2)京津冀粮食产需差存在明显空间聚集特征,与粮食生产的聚集特征基本一致。南部平原是产需差高值聚集区,生产可以满足消费,西北部则是低值聚集区,粮食产需差较低甚至为负。说明保障一定的粮食生产对粮食产需平衡具有重要意义。

3)在安全识别方面,生产安全-消费安全的县主要集中于南部平原地区,这是粮食生产最稳定而且生产水平较高的区域,生产安全-消费不安全的县多分布在北部高原、山地丘陵区,这类县可以满足基本的口粮自给,但并未达到消费安全标准;生产不安全-消费不安全县则基本为城市化发达地区,耕地面积少,消费人口多。通过进一步的安全变化分类可知,粮食总处于不安全状态的地区一方面是受到城市化影响的直辖市市区、地级市市区等中心城市,另一方面则是受自然条件限制的高原、山地、丘陵等,这是京津冀粮食安全方面需要重点关注的地区。

4.2 讨论

本研究得到的京津冀地区粮食产需变化特征与冯跃等^[19]对京津冀粮食供需格局的研究结果大体一致,粮食生产大致经历了3个阶段,且南部为盈余区,北部多为缺粮或产需紧张区。不同的是,本研究将客观的人均口粮消费数据与以往研究中400 kg的人均营养期望结合,从生产安全和消费安全的角度构建粮食安全指数,分析京津冀粮食产需安全格局特征及其变化。

粮食产需差与粮食生产聚集分布的相似,说明粮食产量对保障粮食产需平衡的重要性。京津冀粮食安全需要重点关注的是产需差低值聚集区、生产不安全-消费不安全区域以及粮食安全状态一直处于不安全的县。这些存在威胁或不安全区域产生的

主要原因,一方面是城市化和工业化发展所带来的耕地类型转变和大量人口涌入,另一方面则是政策影响与自然环境条件的制约。尤其京津冀中心城市势必会进一步向周边扩张,耕地面积也会随之持续下降,这不仅增加了自身粮食安全的不稳定,对周边地区粮食生产也产生了巨大压力。因此,保障一定的粮食生产能力是区域粮食安全面临的重大挑战。

京津冀作为一体化协同发展地区,应根据其资源禀赋协调粮食生产,这是确保整个区域粮食安全的基础,也是实现区域在国家宏观粮食安全格局下应承担的责任。京津冀必须明确其内部功能定位,相互协作,才能共同发展。随着社会经济的发展,地区间生产条件的投入差距必会有所减少,其对粮食产需影响的差异性也不断缩小。对于天津、北京等城市化高度发达地区,生产投入水平高,需要注意的是加大管理力度,保护耕地,同时控制人口增长;对于河北粮食主产区,必须更加明确其资源功能定位,保障粮食生产优势地位,同时对这些区域进行一定的经济补偿;而对于受到自然条件限制的高原、山地区,应加强生产要素投入,合理调整作物种植结构,尽量做到平衡自身的粮食产需,为京津冀粮食安全打下良好的内部基础。

本研究仍存在一些不足:数据方面,国内粮食消费数据一直是困扰研究工作的一个难题。本研究根据目前可获得数据,以全国城镇人均粮食消费和省、直辖市的乡村人均粮食消费数据来替代不可得的县级尺度人均粮食消费数据,人均粮食消费的升尺度数据可能会对研究精确性造成一定的影响,这是未来可以继续追踪的方向;内容方面,本研究构建粮食安全指数,识别了安全区域,但对于这些指数并未划分等级,下一步可以根据不同等级指数进一步细化京津冀各县粮食安全特征。

参 考 文 献

- [1] 陈秧分,李先德. 中国粮食产量变化的时空格局与影响因素[J]. 农业工程学报,2013,29(20):1-10
Chen Y F, Li X D. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of grain yield change in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(20): 1-10 (in Chinese)
- [2] 徐海亚,朱会义. 基于自然地理分区的 1990—2010 年中国粮食生产格局变化[J]. 地理学报,2015,70(4):582-590
Xu H Y, Zhu H Y. Spatial change of China's grain production based on geographical division of natural factors during 1990—2010[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 582-590 (in Chinese)
- [3] 陈印军,王勇,卢布,肖碧林,杨瑞珍. 国际粮食形势及我国粮食生活生产潜在危机与对策[J]. 中国农业资源与区划,2009,30(1):9-16
Chen Y J, Wang Y, Lu B, Xiao B L, Yang R Z. International grain situation and latency crisis and countermeasures for grain protection in China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2009, 30(1): 9-16 (in Chinese)
- [4] Long H L, Zou J. Grain production driven by variations in farmland use in China: An analysis of security patterns[J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2010, 1(1): 60-67
- [5] 唐华俊. 新形势下中国粮食自给战略[J]. 农业经济问题,2014,35(2):4-10
Tang H J. China's grain self-sufficiency strategy in the new situation[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2014, 35(2): 4-10 (in Chinese)
- [6] 郑艳东,郑艳茹,王丽娟,刘卫革. 河北省县域粮食单产及其生产投入要素的时空分异:基于 1990—2010 年统计数据的实证分析[J]. 农业现代化研究,2013,34(2):215-220
Zheng Y D, Zheng Y R, Wang L J, Liu W P. Temporal and spatial variability of county grain yield per hectare and its production inputs factors in Hebei Province: based on statistical data of 1990—2010[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2013, 34(2): 215-220 (in Chinese)
- [7] 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 Y Q. Spatial pattern change and its driving factors of grain per unit area yield in Northeast China [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(9): 1541-1549 (in Chinese)
- [8] 刘玉,高秉博,潘瑜春. 中国县域人均粮食占有量空间变异特征研究[J]. 中国农业大学学报,2012,17(3):154-162
Liu Y, Gao B B, Pan Y C. Spatial variability of per capita grain possession at county level in China [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2012, 17(3): 154-162 (in Chinese)
- [9] 李亚婷,潘少奇,苗长虹. 中国县域人均粮食占有量的时空格局:基于户籍人口和常住人口的对比分析[J]. 地理学报,2014,69(12):1753-1766
Li Y T, Pan S Q, Miao C H. The spatial-temporal patterns of per capita share of grain at the county level in China: A comparison between registered population and resident population [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1753-1766 (in Chinese)
- [10] 潘佩佩,杨桂山,苏伟忠,张健. 太湖流域粮食生产时空格局演变与粮食安全评价[J]. 自然资源学报,2013,28(6):931-943
Pan P P, Yang G S, Su W Z, Zhang J. Spatio-temporal structure variation of grain production and the evaluation of grain security in Taihu Lake Basin [J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(6): 931-943 (in Chinese)

- [11] 王千,金晓斌,阿依吐尔逊·沙木西,周寅康. 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 Q, Jin X B, Ayituexun S M X, Zhou Y K. Space difference research of the grain production in Hebei Province [J]. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(9): 1525-1535 (in Chinese)
- [12] 刘忠,黄峰,李保国. 2003—2011年中国粮食增产的贡献因素分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(23): 1-8
Liu Z, Huang F, Li B G. Investigating contribution factors to China's grain output increase in period of 2003 to 2011 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(23): 1-8 (in Chinese)
- [13] 刘洛,徐新良,刘纪远,陈曦,宁佳. 1990—2010年中国耕地变化对粮食生产潜力的影响[J]. 地理学报, 2014, 69(12): 1767-1778
Liu L, Xu X L, Liu J J, Chen X, Ning J. Impact of farmland changes on production potential in China during recent two decades [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1767-1778 (in Chinese)
- [14] 屈宝香,李文娟,钱静斐. 中国粮食增产潜力主要影响因素分析[J]. 中国农业资源与区划, 2009, 30(4): 34-39
Qu B X, Li W J, Qian J F. Analysis of major factors influencing grain yield increasing potential of China [J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2009, 30(4): 34-39 (in Chinese)
- [15] 吴文斌,唐华俊,杨鹏,周清波,陈仲新,Shibasak Ryosuke. 基于空间模型的全球粮食安全评价[J]. 地理学报, 2010, 65(8): 907-918
Wu W B, Tang H J, Yang P, Zhou Q B, Chen Z X, Shibasaki R. Model-based assessment of food security at a global scale [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(8): 907-918 (in Chinese)
- [16] 李月,孔祥斌,张安录,张雪靓,祁凌云. 基于LMDI模型的我国省域粮食生产变化影响因素分析[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 129-140
Li Y, Kong X B, Zhang A L, Zhang X L, Qi L Y. Analysis of influence factors on crop production change in China at provincial level based on LMDI model [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2016, 21(1): 129-140 (in Chinese)
- [17] 殷培红,方修琦,马玉玲,田青. 21世纪初我国粮食供需的新空间格局[J]. 自然资源学报, 2006, 21(4): 625-631
Yin P H, Fang X Q, Ma Y L, Tian Q. New regional pattern of grain supply-demand in China in the early 21st century [J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(4): 625-631 (in Chinese)
- [18] 殷培红,方修琦,田青,马玉玲. 21世纪初中国主要余粮区的空间格局特征[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 190-198
Yin P H, Fang X Q, Tian Q, Ma Y L. Distribution and regional difference of main output regions in grain production in China in the early 21st century [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(2): 190-198 (in Chinese)
- [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, 31(4): 566-573
Feng Y, Lu C X, Ma B B. Spatial pattern changes of grain supply and demand in Beijing-Tianjin-Hebei region [J]. *Resources Science*, 2009, 31(4): 566-573 (in Chinese)
- [20] 吴健生,蒋培培,黄秀兰,彭建,王政. 广东省粮食供需时空格局[J]. 自然资源学报, 2013, 28(2): 253-265
Wu J S, Jiang P P, Huang X L, Peng J, Wang Z. Spatial-temporal analysis of grain supply and demand in rapid urbanization regions in Eastern China: A case study of Guangdong Province [J]. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(2): 253-265 (in Chinese)
- [21] 卢良恕,刘志澄. 中国中长期食物发展战略[M]. 北京: 农业出版社, 1993
Lu L S, Liu Z C. *The Mid- and Long-term Strategic Development for China's Food Supply* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993 (in Chinese)
- [22] 马永欢,牛文元. 中国粮食生产主体功能区的核心设计: 构筑国家生存安全保障线[J]. 中国科学院院刊, 2009, 24(3): 241-247
Ma Y H, Niu W Y. The core design on main-functional region of grain production in China: Constructing security line of national survival [J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2009, 24(3): 241-247 (in Chinese)
- [23] 宁越敏. 中国都市区和大城市群的界定: 兼论大城市群在区域经济发展中的作用[J]. 地理科学, 2011, 31(3): 257-263
Ning Y M. Definition of Chinese metropolitan areas and large urban agglomerations: Role of large urban agglomerations in regional development [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(3): 257-263 (in Chinese)
- [24] 马树庆,王琪. 区域粮食安全的内涵、评估方法及保障措施[J]. 资源科学, 2010, 32(1): 35-41
Ma S Q, Wang Q. Connotation, evaluation indices, methods and safeguard measures for regional grain security [J]. *Resources Science*, 2010, 32(1): 35-41 (in Chinese)
- [25] 林鹏生. 我国中低产田分布及增产潜力研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008
Lin P S. Study on the distribution and yield increasing potential of medium and low-yield farmland in China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2008 (in Chinese)
- [26] 刘时东. 东北地区中低产田综合治理模式研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014
Liu S D. Study on integrated governance model of medium-low yielded farmland in northeast China [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2014 (in Chinese)

责任编辑: 刘迎春