

2003-2013 年中国县域单元粮食增产格局及贡献因素研究*

孙通^{1,2}, 封志明¹, 杨艳昭¹

(1.中国科学院地理科学与资源研究所, 北京, 100101;

2.中国科学院大学, 北京, 100049)

摘要: 2003-2013 年, 中国粮食产量逐年增加, 实现了前所未有的“十年增”, 2015 年更是达到了“十二连增”。文章采用 2003-2013 年粮食播种面积、产量等为基础数据, 以分县为研究单元, 定量分析了 2003-2013 年间中国分县粮食增产的特征、格局与贡献因素, 结果表明: (1) 2003-2013 年间我国超过 75% 的县域单元粮食均出现增产, 但主要增产仍集中在东北和黄淮海平原地区的产粮大县; (2) 粮食增产增幅的两极分化较为明显, 处于“滞后增产”和“超速增产”的县域单元占比均较高, 其中“超速增产”的县域单元主要分布在松嫩平原、三江平原、黄淮海平原、江汉平原、鄱阳湖平原、黄土高原以及新疆等地; (3) 对于大部分县域单元而言, 播种面积和单产水平对其粮食增产均有正向贡献作用, 其中东北平原、内蒙古高原西部、河西走廊、新疆、江汉平原、洞庭湖平原等地播种面积贡献较大, 而单产水平贡献较大的地区为华北平原、黄淮海平原、黄土高原、青藏高原东南部等地。

关键词: 粮食增产; 县域单元; 贡献因素; LMDI

1 引言

自 20 世纪 70 年代初一场席卷全球的粮食危机以来, 粮食安全问题逐渐得到世界各国的高度重视, 作为世界人口最多的国家, 粮食安全对于中国无疑有更为特殊的意义^[1]。近年来, 伴随我国经济高速发展以及工业化、城镇化的逐步推进, 耕地“非农化”以及农业生产“非粮化”现象愈加显著, 其在一定程度上影响了我国粮食生产的资源基础^[2-3]; 同时由于居民生活水平的普遍提升, 饮食结构中肉、蛋、奶等动物性食品的比重与日俱增, 客观上加大大了对粮食的需求数量^[4-5]。鉴于我国庞大的人口数量, 粮食供需上的一个微小波动均有可能引发世界粮食市场的巨大反响, 部分西方学者亦以此理由频频讨论“中国粮食威胁论”问题^[6]。由此, 明晰我国粮食安全的现状、保障我国未来粮食供需安全一直是我国学界和政界所需持续面临的重要战略问题。

从 2003 年开始, 我国粮食产量逐年递增, 至 2013 年已经达到“十连增”、2015 年达到“十二连增”, 这不仅打破了建国以来我国粮食最长增产记录, 而且在世界各国粮食增产历史上亦是绝无仅有^[7]。中国粮食持续增产引起了学界的广泛重视, 学者们从粮食增产的性质、特点、空间格局、贡献因素以及未来前景等方面进行了分析^[8-12], 研究尺度包括全国尺度^[11]、以黑龙江、江苏、山东等粮食主产省为代表的省域尺度^[13-15], 以及全国和省级尺度联合分析等^[10]。虽然上述研究取得了丰硕的成果, 但是囿于研究尺度所限, 粮食增产的几个关键问题“哪里的粮食在增产”、“什么因素导致粮食增产”等并未得到明确回答。因此, 细化研究尺度, 从县级单元入手分析中国粮食连续增产的地域格局及其贡献因素, 对于全面认识此次

*基金项目: 国家自然科学基金(41430861, 41471453)

第一作者简介: 孙通(1988-), 男, 山东淄博人, 博士研究生, 主要从事资源开发与区域发展研究。电子邮箱: sunt.14b@igsnrr.ac.cn

通讯作者简介: 封志明(1963-), 男, 河北平山人, 博士, 研究员, 中国自然资源学会会员(S300000026M), 主要从事资源开发与区域发展研究。电子邮箱: fengzm@igsnrr.ac.cn

粮食连续增产过程具有重要的科学价值和实践意义。

有鉴于此, 本文在上述研究的基础上, 从县域单元入手, 基于统计数据并利用数理分析和 GIS 方法, 对 2003-2013 年我国县域粮食增产的增产数量、地域格局和贡献因素状况进行了定量分析, 以期全面、系统地揭示我国粮食连续增产过程的特点、格局与贡献状况, 为我国粮食安全评估和粮食政策制定等提供支撑。

2 数据与方法

2.1 数据

本文所用的数据主要包括 2003 和 2013 年全国分县粮食作物的播种面积和产量数据, 数据来源为中国农业科学院数据库以及各地市统计年鉴。其中, 江西、山东、湖北、四川、贵州 5 省部分县域单元 2013 年粮播面积缺失, 文章参考其 2011 或 2012 年等邻近年份的单产水平, 根据粮食总产量推算获得其播种面积。

文中所述的县域单元, 包括直辖市、副省级城市与普通地级市(地区、州、盟)所有的市辖区、县级市、县、旗等。除了直辖市之外, 其他地市的市辖区均进行归并处理, 由此形成 2331 个分县研究单元。为了消除研究期间县域行政区划变动对数据分析所造成的影响, 本文以 2013 年的行政区划为准, 并对 2003 年的数据进行比照处理, 使之可以与 2013 年的数据相对应。

2.2 方法

2.2.1 粮食增产累积贡献率

粮食增产累积贡献率是指粮食增产量位于全国前数位县域单元的增产量占全国粮食增产总量的比例, 其公式为:

$$A = \frac{\sum_{m=1}^j P_m}{\sum_{n=1}^k P_n} \times 100\%$$

上式中, A 为粮食增产累积贡献率, 分子 $\sum_{m=1}^j P_m$ 为粮食增产量位于全国前 j 位内的县域单元粮食增产量之和, 分母 $\sum_{n=1}^k P_n$ 为全国粮食增产总量, k 代表全国粮食出现增产的县域单元总个数。

2.2.2 粮食增产贡献率

关于粮食增产的贡献状况, 学界一般按照播种面积扩大和单产水平提升两个方面加以讨论^[10, 16]。其中, 以播种面积扩大为主导的增产方式称为外延式增产, 而以单产水平提升为主导的增产方式称为内涵式增产^[17]。为了便于分析二者在县域粮食增产所起的作用大小, 本文利用对数平均迪式分解法(Logarithmic Mean Weigh Division Index Method, LMDI)进行分解对比。

LMDI 模型最初为能源政策分析领域的一种数学方法, 因其具有结果精准、结构简单等特点而被学界接受^[18]。近年来, 国内学者逐渐将 LMDI 模型引入到粮食生产的影响因素分解领域, 得到了较好的结果^[19-20]。

LMDI 模型针对粮食增产的播种面积贡献量和单产水平贡献量的分解公式为:

$$\Delta P_{Si} = \frac{P_{ti} - P_{oi}}{\ln P_{ti} - \ln P_{oi}} \ln \frac{S_{ti}}{S_{oi}}$$

$$\Delta P_{ai} = \frac{P_{ti} - P_{oi}}{\ln P_{ti} - \ln P_{oi}} \ln \frac{a_{ti}}{a_{oi}}$$

其中， ΔP_{Si} 、 ΔP_{ai} 分别代表 i 县播面扩大和单产提高对粮食增产的贡献量， P_{oi} 、 P_{ti} 分别代表 i 县期初年和期末年的粮食产量， S_{oi} 、 S_{ti} 分别代表 i 县期初年和期末年的粮食播种面积， a_{oi} 、 a_{ti} 则分别代表 i 县期初年和期末年的粮食单产量。

播面扩大和单产提高对粮食增产的贡献量得出之后，将其分别处以粮食增产总量，即可得到播种面积和单产水平对粮食增产的贡献率，计算公式为：

$$C_{Si} = \frac{\Delta P_{Si}}{\Delta P_i} \times 100\%$$

$$C_{ai} = \frac{\Delta P_{ai}}{\Delta P_i} \times 100\%$$

其中， C_{Si} 、 C_{ai} 分别代表 i 县播种面积和单产水平对粮食增产的贡献率， ΔP_i 为 i 县粮食增产总量。

为了直观地衡量播种面积和单产水平对于县域单元粮食增产的贡献强弱，文章依照 C_{Si} 和 C_{ai} 的数值大小划分了较显著、显著和极显著 3 个级别。经核查，不存在二者均为 50% 的县域单元（表 1）。

表 1 播种面积与单产对粮食增产贡献比例的评价

Table 1 Evaluation of contribution rates for planted area and yield per unit area of grain output increase

C_{Si} 、 $C_{ai}/\%$	(50,60]	(60,80]	(80,+∞)
级别	较显著	显著	极显著

3 中国分县粮食增产地域格局及其贡献因素分析

3.1 粮食增产增量

2003-2013 年中国分县粮食增产研究表明，全国 2331 个分县单元有 1770 个粮食产量上升，占总量的 75.93%，513 个粮食产量出现下降，占总量的 22.01%，粮食增产的县域个数与粮食减产的县域个数比值大致为 3.45:1（图 1）。其中，增产量位居前 198 位的县域单元粮食累计增产量超过全国粮食增产总量的 50%，前 550 位的县域单元粮食累计增产量超过粮食增产总量的 80%。由此可见，粮食增产大县对全国粮食的增产贡献显著。

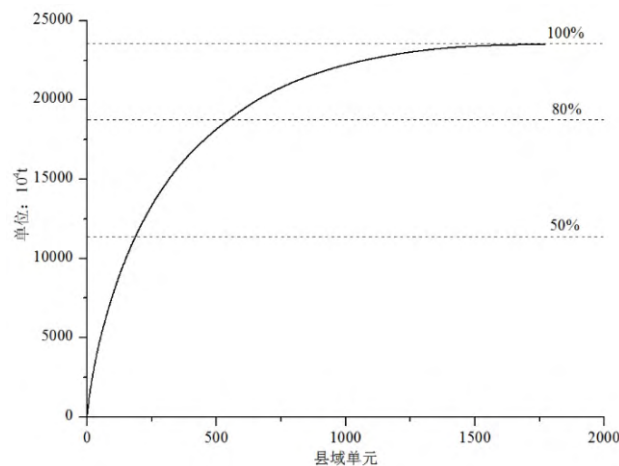


图1 2003-2013年中国分县粮食增产累积曲线

Fig.1 Accumulation curve of grain output increase at the county level from 2003 to 2013

就粮食增产大县的区域分布而言,增产量前198位的县域单元主要分布在东北平原和黄淮海平原。分省而言,分布于内蒙古、吉林、黑龙江、江苏、安徽、山东和河南等7省区的县域单元较多,共计173个,占总数的87.37%,黑龙江省表现最为突出,包含52个县域单元,占总数的26.26%。增产量前550位县域单元除了东北平原和黄淮海平原外,在江汉平原、洞庭湖平原、鄱阳湖平原以及新疆天山以北地区分布较密集。省域层次上,分布于河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、江西、山东、河南、湖北、湖南、云南和新疆等15个省区的县域单元较多,共计532个,占总数的96.73%,河南省表现最为突出,包含70个县域单元,占总数的12.73%(图2、表2)。

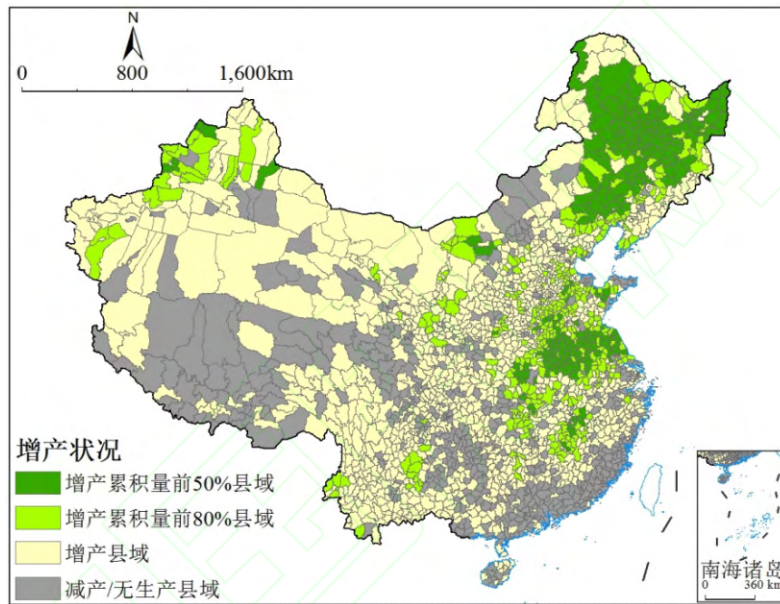


图2 粮食增产县域单元与增产大县的地域分布

Fig.2 Spatial distribution of grain output increase and major grain output increase at the county level

表2 粮食增产累积量前50%和前80%的县域单元在各省的集聚状况

Table.2 Agglomeration of top 50% and top 80% of grain output increase cumulated in provinces

省域	前50%	前80%	省域	前50%	前80%	省域	前50%	前80%
天津	0	1	浙江	0	2	贵州	0	1
河北	0	30	安徽	22	45	云南	0	12
山西	1	23	江西	6	30	陕西	0	1
内蒙古	23	35	山东	11	56	甘肃	0	7
辽宁	7	26	河南	28	70	青海	0	1
吉林	17	29	湖北	6	25	宁夏	0	4
黑龙江	52	67	湖南	0	18	新疆	5	24
江苏	20	42	四川	0	1	总计	198	550

3.2 粮食增产增幅

为表征2003-2013年间各县域单元粮食增产增速状况,文章以同期全国粮食增速平均水

平（以 F 表示， $F=49.88\%$ ）为参考，按照增速由低到高分别划分了“绝对减产”、“滞后增产”、“同步增产”和“超速增产”4个级别。针对上述4个级别进行统计发现，我国县域单元粮食增产增幅两极分化态势较为显著，增幅位于“滞后增产”和“超速增产”的县域单元数目相对最多，占县域总数的30%以上，而位于“同步增产”水平的县域单元数目最少，只占总数的10%左右（表3）。

表3 2003-2013年间中国县域尺度粮食增产状况

Table 3 Status of grain output increase at the county level from 2003 to 2013

类型	绝对减产	滞后增产	同步增产	超速增产	无数据
增幅	$F < 0$	$0 \leq F < 40\%$	$40\% \leq F < 60\%$	$F \geq 60\%$	-
数量/个	513	792	252	726	48
占比/%	22.01	33.98	10.81	31.15	2.06

地域分布角度，粮食增幅达到“超速增产”的分县单元主要集中在松嫩平原、三江平原、黄淮海平原、江汉平原、鄱阳湖平原、黄土高原以及新疆等地，尤以东北的松嫩平原和三江平原最为突出（图8）。其中，黑龙江省表现极为显著：全省共有75个分县单元粮食增幅达到“超速增产”水平，占全国粮食相应增幅水平以及全省分县单元总数的10.33%和97.40%，为全国粮食增幅达到“超速增产”水平分县单元最多的省份。

513个粮食减产的分县单元主要分布在东南沿海的弧形地带，尤以福建、广东、广西3省区最为集中：上述3省粮食减产的分县单元个数达到160个，分别占全国减产单元总数和3省分县单元总数的31.19%、66.67%，从而出现集中连片的分布态势（图3）。此外，内蒙古高原中部、四川盆地、西藏南部、云贵高原中东部等地仍存在粮食减产的小片集中分布区，其余粮食减产单元则零散分布于全国各地。

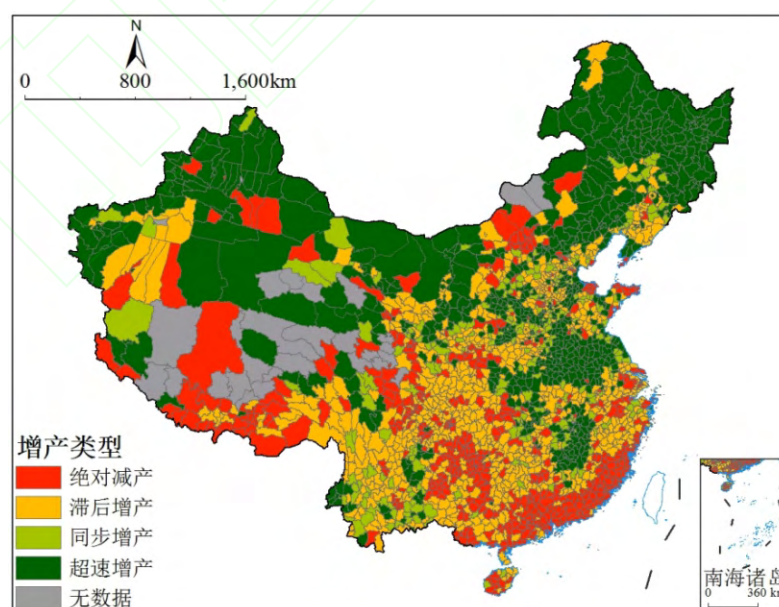


图3 2003-2013年中国县域粮食增产空间格局

Fig.3 Spatial distribution of grain output increase at the county level from 2003 to 2013

3.3 粮食增产贡献因素

2003-2013 年，全国粮食增产的 1770 个分县单元中，播种面积增加的有 1462 个，单产水平提升的有 1487 个，二者均出现增长的有 1181 个，单产提升的分县单元相对较多。就增产贡献而言，有 893 个分县单元播种面积贡献相对较大，其中 464 个播种面积对粮食增产贡献处于极显著水平；877 个分县单元单产贡献相对较大，其中 475 个单产对粮食增产贡献处于极显著水平（表 4）。可见，单产贡献和播种面积贡献极显著的分县单元占比均较大。

表 4 2003-2013 年全国分县粮食增产贡献统计

Table 4 Statistics of grain output increase factors at the county level from 2003 to 2013

	播种面积贡献			单产贡献			总计
	较显著	显著	极显著	较显著	显著	极显著	
数量/个	147	282	464	142	260	475	1770
比例/%	8.31	15.93	26.21	8.02	14.69	26.84	100.00

就区域分布而言，播种面积对粮食增产贡献达到极显著水平的地区主要集中分布在东北平原、内蒙古高原西部、河西走廊、新疆、江汉平原、洞庭湖平原等地；而单产对粮食增产贡献较大的地区则主要集中分布在华北平原、黄淮海平原、黄土高原、青藏高原东南部等地（图 4）。

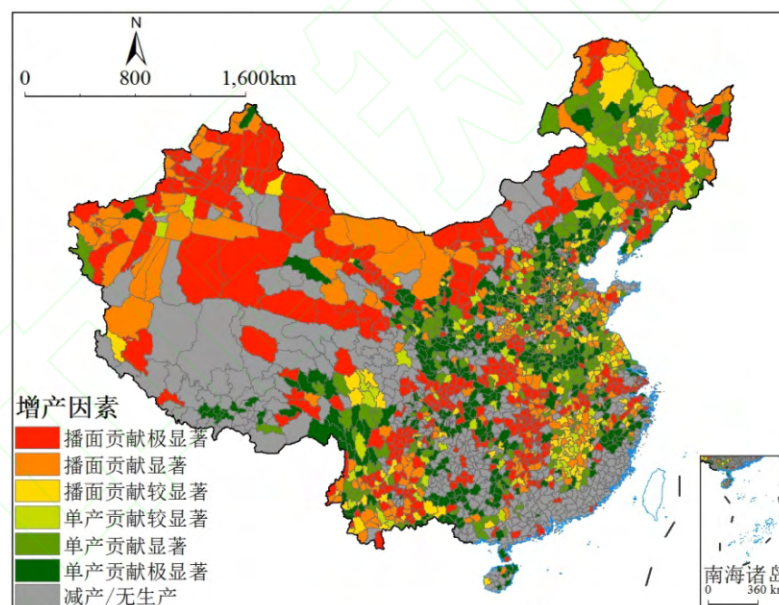


图 4 2003-2013 年中国县域粮食增产因素空间格局

Fig.4 Spatial distribution of grain output increase factors at the county level from 2003 to 2013

4 结论与讨论

文章分别从增产量、增产幅度和增产的贡献因素 3 个角度系统地剖析了 2003-2013 年全国县域尺度粮食增产状况，主要结论如下：

(1) 2003-2013 年，全国 2331 个县域单元中有 1770 个县域单元粮食出现增产，占总量的 75.93%。从全国县域粮食增产累积量角度，粮食增产的集中状况较为显著：增产量位于前

198位的县域单元贡献了50%的增产总量,前550位的县域单元贡献了80%的增产总量,分别占增产县域单元总数的11.19%和31.07%。地域分布上,上述县域单元大部分集中在东北平原、黄淮海平原等传统粮食产区,省域分布上则以黑龙江和河南相对最为密集。

(2)粮食增产增幅中,增产幅度低于全国平均增幅、处于“滞后增产”水平和高于全国平均增幅、处于“超速增产”水平的县域单元最多,分别占全国县域单元总数的33.98%和31.15%。地域分布上,“超速增产”的县域单元主要分布在在松嫩平原、三江平原、黄淮海平原、江汉平原、鄱阳湖平原、黄土高原以及新疆等地,且以黑龙江省表现最为突出。

(3)粮食增产贡献因素角度,全国三分之二的县域单元粮食增产是由播种面积扩大和单产水平提升两大因素综合作用而成,播种面积和单产水平对增产贡献较大、对增产起到主导因素的县域单元数目亦相接近。其中,播种面积占主导因素的县域单元主要分布在东北平原、内蒙古高原西部、河西走廊、新疆、江汉平原、洞庭湖平原等地,而单产水平占主导因素的县域单元主要分布在华北平原、黄淮海平原、黄土高原、青藏高原东南部等地。

综合而言,2003-2013年粮食“十连增”期间,位于东北平原和黄淮海平原的产粮大县对粮食增产的作用最为显著,因而产粮大县在全国粮食生产中的地位依然明显。不过从粮食增产贡献因素角度,东北平原和黄淮海平原却有较大区别:东北平原县域单元的粮食增产主要是由播种面积扩大造成,这是由于其后备耕地资源较为丰富,在政府一系列粮食生产激励政策的引导下,农民从事粮食种植的积极性被充分调动起来,大量草场、林地以及荒废的耕地得到开垦和复垦,从而导致东北平原耕地面积显著上升,为粮食增产奠定了资源基础^[21-22];黄淮海平原县域粮食增产则主要依靠单产水平的上升,这主要是得益于当地的农业综合开发和土地综合整治等项目,改良了黄淮海地区的耕地生产条件,加之农民的积极投入,使得当地单产水平得以提升^[23]。

需要指出的是,播种面积扩大和单产水平上升为上述地区粮食增产带来积极贡献的同时,其隐含的问题亦需引起重视。对于东北平原而言,粮食增产实际上是以播种面积扩大为主导的外延式增产,其特点是粮食增产高度依赖土地资源、水资源等的消耗,资源集约利用效应较低,而且多年的耕作和农药、化肥的施用导致当地黑土流失、土壤质量下降等问题。资源的粗放利用既不利于粮食的可持续增产,同时其中的开荒过程亦在一定程度上对当地的生态系统造成破坏^[21]。因此对于东北地区,未来粮食增产不能再过度依靠耕地面积的扩大,应深入挖掘已有的土地资源的增产潜力、提升粮食的单产水平,进而提高粮食产量。对于黄淮海地区而言,粮食出现大量增产的县域单元主要位于豫东、皖北等黄淮海平原东南部地区,这些县域单元虽然在全国粮食生产上具有举足轻重的作用,但是其经济发展水平却相对较低,甚至出现粮食增产贡献与区域经济水平“倒挂”的现象^[24]。“种粮不挣钱”以及“粮食大区、工业弱区、财政穷区”的局面不仅严重影响农民从事粮食生产的积极性,同时一定程度上会动摇当地对于发展粮食生产的信心,特别是黄淮海地区大部分县域单元是以单产提升为主导的内涵式粮食增产,一旦种粮者的生产积极性受挫,极易会影响对粮食生产的投入水平,并进一步影响单产^[25]。故而对于黄淮海地区,需要国家在相关制度和政策领域进行创新,通过多种方式对产粮大县的经济发展进行财政支持,以保护其发展粮食生产的积极性。

此外,近年来以新疆为代表的西北地区在全国粮食生产中的地位日渐攀升。对于西北地区而言,虽然其土地资源极为丰富,水资源却十分匮乏,因此西北地区在发展粮食生产的

过程中必须要参照自己的水资源承载力水平,以水定地、量“水”而行,不可无视水资源的限制盲目开垦土地^[26]。因此,尽管西北地区对粮食增产的贡献较为显著,但从国家粮食生产整体战略角度上,并不适宜对西北地区的粮食生产提出明确的目标和任务,国家粮食生产的重心依然需要放在传统的粮食主产区。

参考文献:

- [1] SHAW J D. World Food Security: A History since 1945[M]. New York: Palgrave MacMillan, 2007.
- [2] CHEN J. Rapid urbanization in China: A real challenge to soil protection and food security[J]. *Catena*, 2007, 69(1): 1-15.
- [3] 刘彦随, 王介勇, 郭丽英. 中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J]. *中国农业科学*, 2009, 42(12): 4269-4274.
[LIU YS, WANG JY, GUO LY. The Spatial-Temporal Changes of Grain Production and Arable Land in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, 42(12): 4269-4274.]
- [4] 封志明, 史登峰. 近 20 年来中国食物消费变化与膳食营养状况评价[J]. *资源科学*, 2006, 28(1): 2-8.
[FENG Z M, SHI D F. Chinese Food Consumption and Nourishment in the Latest 20 Years. *Resources Science*, 2006, 28(1): 2-8.]
- [5] 韩俊. 14 亿人的粮食安全战略[M]. 海口: 学习出版社、海南出版社, 2012.
[HAN J. Food Security Strategy for 1.4 Billion People. Hai Kou: Study Press, Hai nan Press, 2012]
- [6] BROWN L R, HALWEIL B. China's water shortage could shake world food security [J]. *World watch*, 1998, 11(4): 10-21.
- [7] 叶贞琴. 转变发展方式打造粮食发展新增长势——关于我国粮食“九连增”后的若干思考[J]. *农业经济问题*, 2013, 5: 4-9.
[YE Z Q. Changing Patterns of Development to Create the New Growth of Food Production: Some Thoughts on China's Grain after the "Nine Year's Continually Output Increase". *Issues in Agricultural Economy(Monthly)*, 2013, 5: 4-9.]
- [8] 王济民, 肖红波. 我国粮食八年增产的性质与前景[J]. *农业经济问题*, 2013, 2: 22-31.
[WANG J M, XIAO H B. The Nature and Prospects of the Continuously Growth of China's Grain Output in 8 Years. *Issues in Agricultural Economy (Monthly)*, 2013, 2: 22-31.]
- [9] 刘莉华, 杜建斌, 李好等. 粮食“九连增”的特点及原因分析[J]. *中国农业信息*, 2013 (3): 3-6.
[LIU L H, DU J B, LI H, etc. The Characteristics and Cause Analysis of Nine-year Consecutive Grain Production Growth. *China Agriculture Information*, 2013 (3): 3-6.]
- [10] 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 BG. Investigating contribution factors to China's grain output increase in period of 2003 to 2011. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(23): 1-8.]
- [11] 刘斌, 王秀东. 我国粮食“九连增”主要因素贡献浅析[J]. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(4): 5-10.
[LIU B, WANG X D. Analysis of the Major Contribution Factors of Nine-year Consecutive Increasing of China's grain. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2013, 34(4): 5-10.]
- [12] 赵颖文, 吕火明. 粮食“十连增”背后的思考: 现代农业发展中面临的挑战与路径选择[J]. *农业现代化*

- 研究, 2015, 36(4): 561-567.
- [ZHAO Y W, LV H M. The challenges and path selection in the development of modern agriculture in the background of 10 years of continuous growth of grain production in China. *Research of Agricultural Modernization*, 2015, 36(4): 561-567.]
- [13] 周立青, 程叶青. 黑龙江省粮食生产的时空格局及动因分析[J]. 自然资源学报, 2015, 30(3):491-501.
- [ZHOU L Q, CHENG Y Q. Spatio-temporal Pattern and Its Driving Factors of Grain Production in Heilongjiang Province. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(3):491-501.]
- [14] 王兆华, 褚庆全. “十连增”背景下的我国区域粮食生产状况分析——以山东省为例[J]. 农业经济, 2015 (9): 12-14.
- [WANG Z H, ZHU Q Q. Analysis of Grain Production based on the “Nine Year’s Continually Output Increase” —Take Shandong Province as example. *Agricultural Economy*, 2015 (9): 12-14.]
- [15] 朱晶, 李天祥, 朱珏. 江苏省粮食增产的贡献因素分解与测算(2004-2013年)——基于粮食内部种植结构调整的视角[J]. 华东经济管理, 2015, 29(3): 11-16.
- [ZHU J, LI T X, ZHU Y. Estimating and Decomposing the Contribution Factors of Jiangsu Province’s from 2004 to 2013 Grain Production Growth—From the Perspective of Inter-crop Structural Adjustment. *East China Economic Management*, 2015, 29(3): 11-16.]
- [16] 星焱, 胡小平. 中国新一轮粮食增产的影响因素分析: 2004-2011年[J]. 中国农村经济, 2013, 6: 14-26.
- [XING Y, HU X P. An Analysis of the Determinant to the New Round Grain Output Increase in China: 2004-2011. *Chinese Rural Economy(Monthly)*, 2013, 6: 14-26.]
- [17] 陈丽, 郝晋珉, 艾东等. 黄淮海平原粮食均衡增产潜力及空间分异[J]. 农业工程学报, 2015, 31(2): 288-297.
- [CHEN L, HAO J M, AI D, et al. Balanced yield increasing potential of grain and its spatial differentiation in Huang-Huai-Hai Plain. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(2): 288-297.]
- [18] ANG B W. Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?[J]. *Energy policy*, 2004, 32(9): 1131-1139.
- [19] 刘玉, 高秉博, 潘瑜春等. 基于 LMDI 模型的中国粮食产量变化及作物构成分解研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(10): 1709-1720.
- [LIU Y, GAO B B, PAN Y C, et al. Investigating Contribution Factors to China’s Grain Output Increase Based on LMDI Model During the Period 1980 to 2010. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(10):1709-1720.]
- [20] 金涛. 中国粮食生产时空变化及其耕地利用效应[J]. 自然资源学报, 2014, 29(6): 911-919.
- [JIN T. Effects of Cultivated Land Use on Temporal-Spatial Variation of Grain Production in China. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(6): 911-919.]
- [21] 魏焜, 王建国, 顾万荣. “中国粮仓”——黑龙江省粮食生产分析与发展策略[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(7): 1-8.
- [WEI S, WANG J G, GU W R. China granary——Grain production analysis and resolving strategies in Heilongjiang Province. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2011, 42(7): 1-8.]

- [22] 杜国明, 刘彦随, 刘阁. 黑龙江省近30年来粮食生产变化及增产因素分析[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(5): 519-524.
[DU G M, LIU Y S, LIU G. The analysis of changes in grain production and driving factors in Heilongjiang Province recent 30 Years. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(5): 519-524.]
- [23] 刘玉, 高秉博, 潘瑜春等. 基于 LMDI 模型的黄淮海地区县域粮食生产影响因素分解[J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 1-10.
[LIU Y, GAO BB, PAN Y C, et al. Influencing factor decomposition of grain production at county level inHuang-Huai-Hai region based on LMDI. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*. 2013, 29(21): 1-10.]
- [24] 李裕瑞, 刘彦随, 龙花楼. 黄淮海地区乡村发展格局与类型[J]. 地理研究, 2011, 30(9): 1637-1647.
[LI Y R, LIU Y S, LONG H L. Study on the pattern and types of rural development in the Huang-Huai-Hai region. *Geographical Research*. 2011, 30(9): 1637-1647.]
- [25] 刘影, 肖池伟, 李鹏等. 1978-2013 年中国粮食主产区“粮-经”关系分析[J]. 资源科学, 2015, 37(10): 1891-1901.
[LIU Y, XIAO C W, LI P, et al. Relationship of grain output and economic development from 1978 to 2013 in the major grain producing area of China. *Resources Science*, 2015, 37(10): 1891-1901.]
- [26] 张百平, 张雪芹, 郑度. 西北干旱区不宜作为我国耕地后备资源基地[J]. 干旱区研究, 2010, 27(1): 1-5.
[ZHANG B P, ZHANG X Q, ZHENG D. Arid Northwest China can not be regarded as the farmland reserve base. *Arid Zone Research*, 2010, 27(1): 1-5.]

Study on Spatiotemporal patterns and contribution factors at the county level of China's grain output increase during 2003-2013

SUN Tong^{1,2}, FENG Zhi-ming¹, YANG Yan-zhao¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: China had achieved ten-year consecutive grain production increase which had never appeared in history no matter in China or in world in 2003-2013, and until to 2015, twelve-year consecutive grain production increase has been got. The purpose of this paper is to detect the spatiotemporal patterns and its main investigation contributions at the county level of consecutive grain production increase in 2003-2013. Based on factors contributions analysis and GIS, this paper analyze the whole situation and spatiotemporal patterns in grain output growth at the county level, taking use of planted area output and yield per unit area. The results showed that: (1) the grain output increase had appeared extensively in more than 75% of counties in China, however, most of grain output increase concentrated in major grain-producing counties which mainly located in Northeast Plain and the Huang-Huai-Hai Plain, at the scope of grain output increase accumulation, half of national grain output increase concentrated in top 198 counties (which accounted for 8.49% in all counties), and 80% of national grain output increase concentrated in top 550 counties (which accounted for 23.60% in all counties); (2) the

polarization of grain output increase at the county level was significant: the proportion of counties in hysteretic growth level and overspeed growth level was 33.98%, 33.15% in all counties, and the spatiotemporal distribution of counties which belonged to “overspeed growth” level concentrated in Songnen Plain, Sanjiang Plain, the Huang-Huai-Hai Plain, Jiangnan Plain, Poyang Lake Plain, Loess Plateau, Xinjiang; (3) as most counties whose grain output increased in 2003-2013, the expansion of planted area and yield per unit area promotion were both important reasons, the quantity of counties which the former played a more important role was 893, mainly located in Northeast Plain, the west of Inner-Mongolia Plateau, Hexi Corridor, Jiangnan Plain, Dongting Lake Plain and Xinjiang, the quantity of counties which the latter played a more important role was 877, mainly located in North China Plain, the Huang-Huai-Hai Plain, Loess Plateau, and the southeast of Qinghai-Tibet Plateau. In general, major grain-producing counties were big contributors in ten-year consecutive grain production increase from 2003 to 2013, and fiscal support for major grain-producing counties was needed to ensure the grain production capacity. Only that, the national grain security will be ensured.

Keywords: grain production increase; counties; contribution factors; LMDI