

# 耕地利用视角下全国粮食生产时空特征演变

刘瑶 张凤荣\* 谢臻 张天柱

(中国农业大学 资源与环境学院/国土资源部农用地质量与监控重点实验室,北京 100193)

**摘要** 为综合考虑耕地数量及各项因素对粮食生产的影响,基于对数平均迪式分解方法(LMDI)将影响粮食产量的因素分解为耕地面积、复种指数、种植结构和粮食单产四大因素,研究1996—2016年其对全国粮食产量变化的作用机制。结果表明:1)我国耕地数量持续减少,空间上呈现南部地区减少、北部地区增加的趋势,导致全国粮食产能重心北移。2)粮食单产、复种指数这些技术因素均是促进因素,其中单产提高对总产量提升贡献最大;期间耕地面积下降与种植结构调整则是粮食产量的抑制因素。研究认为,城市化过程中耕地面积减少不可避免,保证粮食安全不但需要严格保护耕地,而且必须强化“藏粮于技”战略实施,不断提高粮食单产与复种指数,以稳定与优化粮食生产。

**关键词** 耕地;复种指数;种植结构;粮食单产;粮食产能;中国

**中图分类号** F323 **文章编号** 1007-4333(2019)11-0173-10 **文献标志码** A

## Evolution of spatio-temporal characteristics of grain production in China from the perspective of arable land use

LIU Yao, ZHANG Fengrong\*, XIE Zhen, ZHANG Tianzhu

(College of Resources and Environmental Sciences /Key Laboratory of Agricultural Land Quality and Monitoring of Ministry of Land and Resources, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

**Abstract** In order to comprehensively consider the impact of the amount of arable land and other factors on food production, this study used LMDI approach and decomposed the factors of arable land utilization for grain production into 4 factors including arable land area, multiple crop index, planting structure and intensive cultivation. And studying the mechanism of changes in national food production from 1996 to 2016. The results showed that: 1) The amount of arable land area in China continued to decrease and the spatial characteristics were the decline in the southern region and the increase in the northern region, which had also brought a significant shift in grain production capacity to the north. 2) Grain yield per unit and the multiple cropping indexes were all the factors that promoted production, among which, the increase in grain yield per unit contributed the most to the increase in total grain production. The decline of arable land area and the adjustment of planting structure during the period were the factors that reduced grain production. The results obtained from this study suggests that in the process of urbanization, the reduction of arable land is unavoidable. To ensure food security, it is necessary not only to strictly protect arable land, but also to strengthen the strategic measures for storing grain in technology and continuously improve the grain yield per unit and multiple crop index to stabilize and optimize grain production level.

**Keywords** arable land area; multiple crop index; planting structure; grain yield per unit; grain production capacity; China

收稿日期: 2018-10-26

基金项目: 土地利用系数调查测算方案研究项目(29018219)

第一作者: 刘瑶, 硕士研究生, E-mail: 13821903920@163.com

通讯作者: 张凤荣, 教授, 主要从事土地可持续利用、土地资源管理研究, E-mail: frzhang@cau.edu.cn

粮食安全攸关国计民生,是国家平稳发展的前提。我国以不足世界7%的耕地面积养活18.4%的人口,人均耕地面积不足世界平均水平的40%,且耕地资源的中低产田比重高,耕地后备资源匮乏,土地资源禀赋构成了对粮食安全的硬约束。截止到2015年粮食自给率已降至83.46%<sup>[1]</sup>,农业对外依存度持续增加,粮食安全风险加大。近些年粮食生产区域变化显著,北粮南运形势逐渐加剧<sup>[2]</sup>。耕地及利用因素对粮食生产的影响尤为重要。认清全国范围内耕地利用因素对粮食生产的影响机制,既可有效指导规划全国粮食生产格局,又利于寻求未来粮食安全问题的突破。

耕地及其利用因素对粮食安全的影响研究一直都是土地可持续利用与保护领域的热点,目前研究大多是选择不同方法进行多因素与粮食生产的关系研究。相关研究结果表明粮食播种面积扩大、粮食单产提高、农业投入增加、技术进步是粮食增产的主要积极因素,农业补贴、财政投入、粮食价格是影响粮食生产的诱导因素。在研究方法方面,主要包括相关分析法<sup>[3]</sup>、主成分分析法<sup>[4]</sup>、通径分析法<sup>[5]</sup>、灰色关联分析法<sup>[6]</sup>以及模型分析法,其中模型分析法被广泛采纳,主要包括OLS回归模型分析法<sup>[7]</sup>、C-D函数模型分析法<sup>[8]</sup>、空间面板计量经济模型分析法<sup>[9-10]</sup>以及GAEZ模型分析<sup>[11]</sup>等。此外,也有学者研究耕地及其利用因素对粮食生产格局变化的影响。如洪舒蔓等<sup>[12]</sup>采用粮食生产空间转移模型测度黄淮海平原地区耕地数量、质量对于粮食生产格局的影响,发现粮食播种面积增加、高等地面积增加会改变黄淮海地区粮食生产格局。王凤等<sup>[13]</sup>运用空间自相关等方法发现2000—2014年全国县域粮食生产区域差异主要由耕地变化与农业机械总动力引起。因素分解方法是能源与环境领域运用较为成熟的方法,其思路是将整体分解为多个因素,揭示单个因素在整体中的作用方向及大小,在分析个体因素对整体产能的贡献较为有效且操作简单易行。拉氏因素分解模型<sup>[14]</sup>与迪式因素分解模型(LMDI模型)<sup>[15-19]</sup>是目前因素分解法中研究粮食生产变化的主要方法。其中,拉氏因素分解模型在分解过程中会产生残值,而迪式分解模型在加法或乘法分解的等式转化过程中均不会产生残差或余值,因此两者应用范围有所差异。刘玉等<sup>[20]</sup>运用LMDI模型将粮食产量分解为粮食单产与粮食作物播种面积,揭示其在京津冀地区粮食生产的作用机制。姚成胜

等<sup>[21]</sup>运用该方法将粮食产量分解为粮食安全效应、农业结构调整效应、农业劳动力农业经济收益效应和农业劳动力当量效应,从农业经济学领域探讨粮食生产的驱动因素。但目前从全国尺度采用因素分解法研究粮食产能变化机理的仍不多见。因此,本研究从耕地利用因素分解的角度出发,基于1996—2016年全国粮食生产时空变化,探讨影响粮食生产的主要因素及其作用机制,以期为全国耕地利用与保护、未来可持续增产提供科学依据。

## 1 研究方法 & 数据来源

### 1.1 研究方法

以Ang等<sup>[22]</sup>提出的对数平均分解指数法对粮食总产量进行影响因素分解。将粮食产量分解为耕地面积、复种指数、粮耕指数与粮食单产等4项因子<sup>[23]</sup>。如式1所示:

$$Q = L \times P \times q \times k \quad (1)$$

其中:Q为粮食总产量;L为耕地面积;P为复种指数,即农作物播种面积与耕地面积的比值,表示耕地的利用程度及农业生产的活跃程度;q为粮耕指数,即粮食播种面积与农作物播种面积比值,表示耕地种植结构变化,值越小表示耕地非粮化现象越严重;k代表粮食单产,由粮食总产量与粮食作物播种面积之比得到,体现了耕地质量要素及土地利用强度,可表示劳动力、生产资料和技术投入后的产出水平。

以 $Q_T$ 表示一段时期的末期粮食产量, $Q_0$ 表示一段时期的基期产量, $U_x$ 为分解因子。则可得到如下:

$$\ln Q_T = \sum_{x=1}^4 \ln U_x^T \quad (2)$$

$$\ln Q_0 = \sum_{x=1}^4 \ln U_x^0 \quad (3)$$

$$\Delta \ln Q = \sum_{x=1}^4 \ln \frac{U_x^T}{U_x^0} \quad (4)$$

在Ang等<sup>[22]</sup>提出的LMDI模型中,因素 $U_x$ 对粮食产量变化的贡献量 $U_{x-e}$ 确定如下:

$$U_{x-e} = W \times \ln \frac{U_x^T}{U_x^0} \quad (5)$$

$$W = (Q_T - Q_0) / \ln(Q_T / Q_0) \quad (6)$$

由式(5)可计算得到基于耕地利用因素分解的 $U_{1-e}$ 即 $L_e$ 表示耕地面积变化对粮食生产的贡献量, $U_{2-e}$ 即 $P_e$ 表示复种指数变化对粮食生产的贡献量, $U_{3-e}$ 即 $q_e$ 表示粮耕指数变化对粮食生产的贡献量,

$U_{4-e}$  即  $k_e$  表示粮食单产变化对粮食生产的贡献量。

## 1.2 数据来源

1996—2016 年全国及 31 个省级行政区粮食总产量、农作物播种面积、粮食作物播种面积以及 2009—2016 年的全国耕地数据来源于《中国统计年鉴》；1996—2008 年的耕地面积数据来源于国土资源部的发布<sup>[24]</sup>。囿于二调前后耕地统计口径存在差异<sup>[25-26]</sup>，导致数据存在断层，本研究对 2009 年以前的耕地数据进行修正<sup>[18,24,27]</sup>，修正的思路是：以 2009 年耕地面积数据为基础，以 2009 年实际耕地面积及其与第一次土地调查变更结果的差值为基础对原值进行修正，同时保持了“二调”以前耕地面积的减少趋势，对 2009 年以前的复种指数进行相同方

法修正。此外，重庆市 1996 年耕地数据缺失，故从《重庆市统计年鉴》<sup>①</sup>中获取。

## 2 结果分析

### 2.1 全国粮食生产变化及影响因素分解

#### 2.1.1 全国粮食产量及其影响因素历年变化分析

1996—2016 年我国粮食总产量变化在 2003 年前后有较大变化，2003 年以前粮食产量总体呈下降趋势，2003 年是我国粮食产量最低年份，直至 2007 年恢复到之前的最高产量水平，并在之后保持持续增长态势，迎来粮食生产“十二连增”。从 2004 年起年均增长率达 3%，2004 年高达 9%；2016 年的粮食产量较上年降低，结束十二连增局面(图 1)。

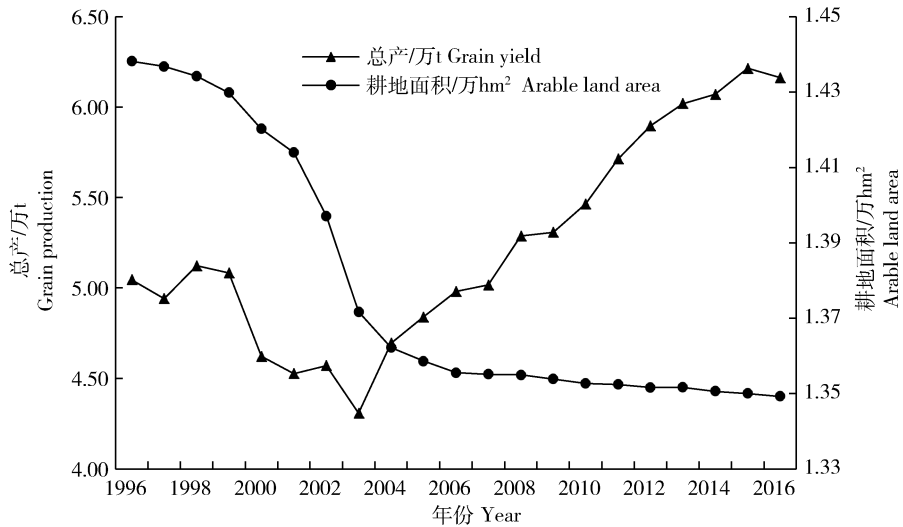


图 1 全国粮食产量与耕地面积变化

Fig. 1 Changes in national grain production and arable land area

1996—2008 年耕地数量逐年缩减，共计减少 871 万  $\text{hm}^2$ ，其中 2002 和 2003 年耕地数量减少最为剧烈，2006 年后下降速度放缓(图 1)。复种指数变化整体呈上升趋势，仅 2006 年出现小幅度反向变化，之后恢复上升趋势。种植结构变化以粮耕指数的变化反映，主要特征为 1996—2003 年连续走低，从 0.74 降至 0.65，2003—2006 年有所回升，2007 年后重新跌落直至 2016 年，粮耕指数总体呈下降态势。粮食单位面积产量的增长趋势十分显著，虽 2003 年以前有所波动，但之后连年提高，年均增长率达 2%。

耕地利用因素描述性统计如表 1 所示，粮食总

产与耕地面积的标准差极大，表明其数据波动性较大，粮食单产、复种指数与粮耕指数的离散程度较小，连年数据变动不明显。从平均值与中位数对比来看，所有选取指标的平均值均大于中位数，形成右偏态分布(偏度系数均为正值)，表明指标中低值数据偏多，存在少数异常大的数据而导致分布曲线右侧拖尾，且大于均值的数据较离散，小于均值的数据较为聚集；其中粮耕指数的偏离程度最大，体现了其变化异常的特征。对于峰度系数，粮食总产、单产、耕地面积与复种指数的峰度系数为负值，表明其较正态分布曲线更为扁平，向中心聚集程度较好，粮耕指数则与其相反。

① <http://Liu Y. www. cqtj. gov. cn/tjnj/2001/yearbook/index. htm>. 2018-10-26

表1 1996—2016年粮食产量及耕地利用因素统计分析

Table 1 Descriptive statistics of grain production and arable land utilization factors in China from 1996 to 2016

统计指标 Statistical indicators	极大值 Max	极小值 Min	平均值 Mean	中位数 Median	标准差 Standard deviation	偏度系数 Skewness	峰度系数 Kurtosis
粮食总产	62 143.90	43 069.50	52 326.36	50 838.60	5 812.17	0.37	-1.00
粮食单产	5.48	4.26	4.80	4.75	0.42	0.39	-1.28
耕地面积	14 362.62	13 492.10	13 769.29	13 538.46	342.25	0.88	-1.10
复种指数	1.24	1.06	1.15	1.13	0.06	0.23	-1.29
粮耕指数	0.74	0.65	0.69	0.68	0.02	1.03	0.47

### 2.1.2 全国粮食生产的影响因素分解

依据时间序列的波动特征,应以2003年为界把粮食产量变化的时间序列分为2个时期,但后半段时间序列过长,不能清晰反映各影响因素对总产量的作用效果,故鉴于2009年之后各影响因子呈较稳定变化趋势,最后将1996—2016年的时间序列分为1996—2002、2003—2009和2010—2016年3个阶段。通过LMDI进行不同阶段耕地及其利用因素分解的粮食产量变化分析如图2所示。

第一阶段粮食总产量下降,除复种指数外其他皆为减产因子,减产效应排序为:种植结构>耕地规模>粮食单产。此阶段正是全国农业生产结构调整的重要时期,粮食播种面积锐减,耕地大量转为种植果树和其他经济作物<sup>[28]</sup>。

第二阶段粮食总产量回升,复种指数、种植结构和粮食单产共同作为促产因子,粮食单产贡献跃居首位。仅耕地面积变化造成减产,但远不及其余促产因子贡献大,因此抵消了耕地面积减少对总产的影响。这一阶段的农作物播种面积、粮食播种面积均增加,前者小于后者。

第三阶段粮食总量持续上升,除耕地面积依旧产生负向作用,种植结构调整的减产效应也赶超耕地面积。与第二阶段一致,粮食单产是增产的最大贡献因子。农作物播种面积与粮食播种面积同步增加,前者增加大于后者,耕地面积减少幅度远小于粮食播种面积,更小于农作物播种面积,因此耕地面积减少并未造成减产后果。

由此可知,研究期间粮食产量总体呈现增加的趋势,但不同阶段影响因素作用大小不一。复种指数、粮食单产共同作为增产因子,耕地面积、种植结构共同发挥减产效应。与第二三阶段一致的是单产

对粮食生产的积极影响最为显著,其次为复种指数因素。从3个时期的累积效果看,总产由初期的下降变为后期的持续增加。其中,耕地面积始终是产量变化的负向影响因素,但变化速率逐渐减缓。第一阶段耕地面积缩减与开发区建设兴起及生态退耕相关。此阶段开发区大量扩张挤占耕地,加之20世纪末南、北方发生洪涝灾害后实施生态退耕措施,由此耕地迅速减少;第二阶段主要与早期城镇化进程推进,非农建设侵占耕地相关,但在国家严格限制开发区及城市建设扩张后减少速率放缓;第三阶段耕地保护取得一定成效,但依旧形势严峻。复种指数始终稳定在一定水平,随着农业现代化技术应用成熟,劳动成本降低,机械化操作使得存量耕地上作物种植面积广泛扩大,持续为增产作贡献。粮耕指数即种植结构效应经历了负-正-负的变化,初期负向变化与早期耕地非粮化相关,种植结构类型开始出现多样化<sup>[29]</sup>;第二阶段种植结构贡献回调反映出粮食作物播种增多的现实,与取消农业税和种粮补贴政策提高农民种粮积极性有关;在第三阶段随着农业生产效益日渐依赖市场需求,非粮化收益刺激下种植结构随之改变。粮食单产变化由初期抑制增产转为后期显著促产,为促进产量水平不断提升做出极大贡献(图2)。

## 2.2 区域粮食生产变化及耕地利用因素分解

### 2.2.1 区域粮食产量历时变化分析

研究区按中国综合农业区划为基础进行划分<sup>[30]</sup>,鉴于个别省份与相邻区划粮食产量变化存在趋同性,故对区划进行微调,如安徽与河南及山东省有相似的粮食生产结构与经济区位,将安徽省并入黄淮海区较为合理,遂与河南、山东省共同划为华北平原区;江苏省虽为粮食主产区,但与浙江、上海、

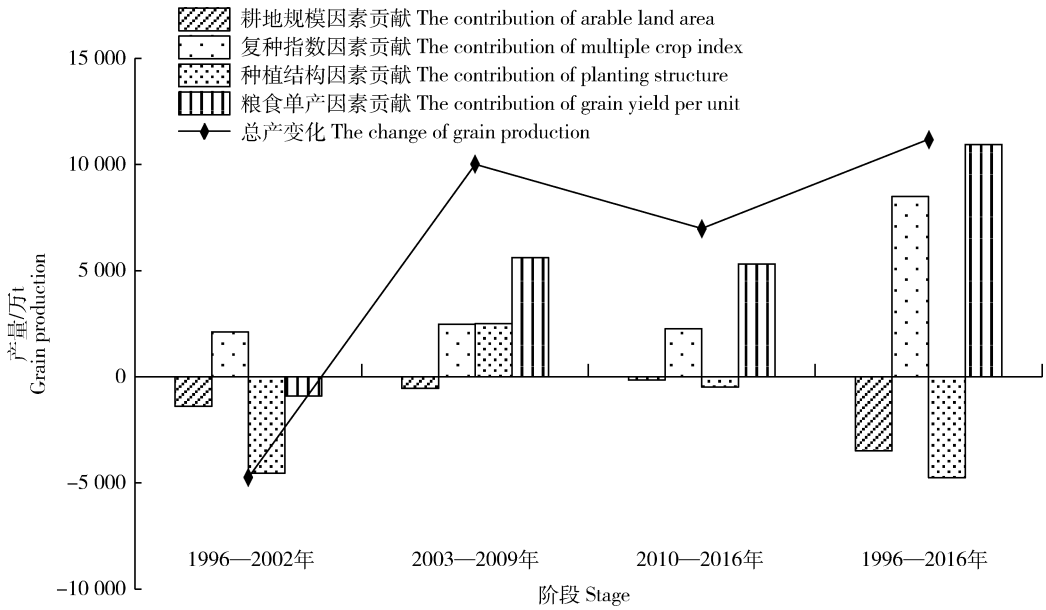


图 2 全国粮食产量影响因素贡献变化

Fig. 2 Change in the contributions of factors affecting national grain production

福建、广东、海南省(市)凭借沿海优势均大力发展第三产业,农业发展情况较为类似(耕地减少迅速、种植结构调整剧烈),并为一类为东南沿海区;将广西壮族自治区并入西南区,江西、湖南、湖北省划为两湖地区。最终形成 8 个农业区域(图 3)。就总产量

变化而言,华北平原区始终是全国粮食生产比重最高地区,东北平原次之,占比最少的是青藏区,其次是蒙新区。分区域而言,东北地区对全国粮食总产量的贡献份额连续扩大,由 20 世纪末的 13.62% 增长为 2016 年的 19.27%,相当于东南沿海地区六省

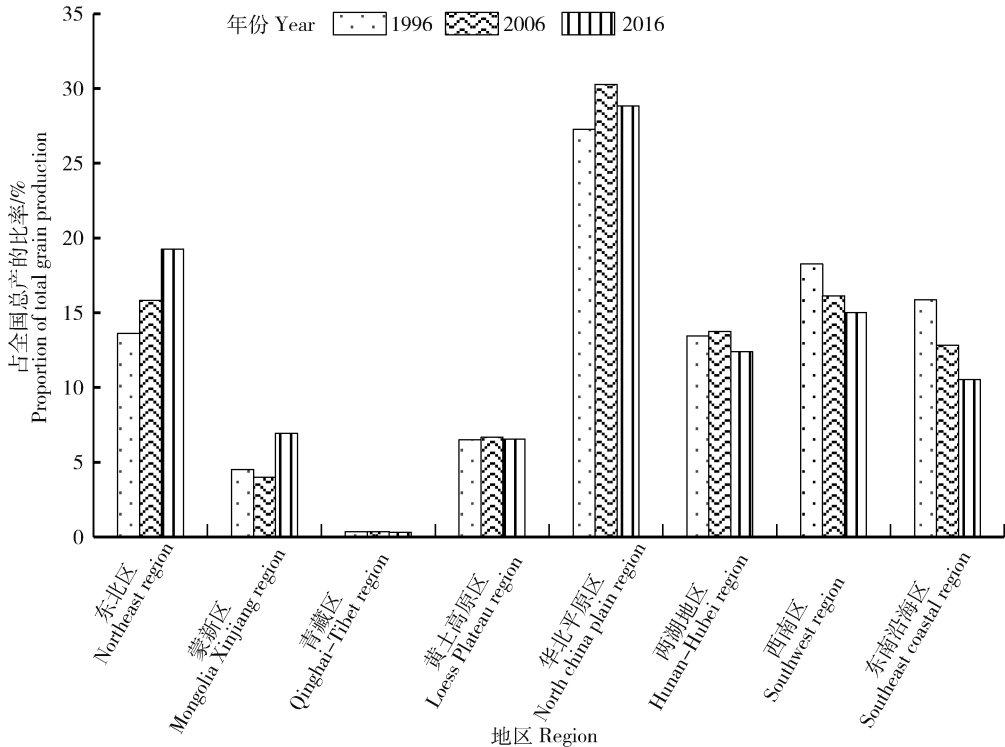


图 3 区域粮食产量变化

Fig. 3 Change of regional grain production

份共同减少的份额。蒙新区占全国粮食生产份额稳步提升,青藏地区、黄土高原地区基本保持不变,华北平原地区增加较少,占比仅增加 1.57%。位于北方的区域所占全国粮食生产份额均不同程度增长,南方地区恰与其相反。两湖地区粮食生产份额降低较少,西南地区收缩 3%,所占份额降低最多的是东南沿海地区。不难发现我国粮食生产格局已发生重大变化,现今北方承载了全国粮食生产的主要压力。

### 2.2.2 区域粮食生产影响因素分解

基于耕地利用因素分解的区域粮食生产影响结果如表 2 所示。东北地区粮食总产增加鲜明,累计增长 10.8%,促产因子是耕地面积与粮食单产,耕地数量增多造成粮食增产是该地区的主要特征。所有因素对黑龙江省粮食增产均有贡献,但耕地面积增加与单产增加效用占 83%。吉林省种植结构变化造成减产,耕地面积、粮食单产、复种指数产生的增产效应完全弥补了粮耕指数下降的减产效果。同样辽宁省复种指数调减与粮耕指数下降不及耕地面积与单产的正向影响,综合比较下仍是增产。蒙新区粮耕指数下降伴随的减产效应并不显著,同样全部呈现增产态势,增长率高达 81%,其中复种指数与单产提升贡献显著。青藏地区的复种指数变化对产量的负向作用较明显,青海省粮食整体减产主要是耕地面积变化造成。黄土高原地区粮食单产提高、复种指数调增促进整体产量提升。陕西省耕地面积、种植结构对粮食生产的负向作用与其他正向影响几乎持平,粮食总产比较稳定。山西省的耕地规模是唯一减产因子,无法替代其他因素的增产效果。宁夏回族自治区、甘肃省的耕地规模变化则对粮食生产贡献积极。华北平原区耕地面积与种植结构变化对产量的贡献均为负值,京津地区导致产量大幅滑坡的首要因素虽有所差异,但大都市农业生产日渐萎缩已成事实。传统的粮食产区(河北、山东、河南省)即使耕地面积变化造成减产,单产、复种指数对粮食生产的正向作用巨大,产量不降反升,增长率为 25%。

两湖地区粮食总产均提高,耕地面积与粮食单产作为增产因子稳定粮食产量水平,粮食总产增长率在 10% 水平。湖南、湖北省种植结构变化抑制产量增加。江西省仅复种指数变化造成产量水平降低,但单产增加的促产效果十分显著。在西南地区,几乎所有省级行政区的耕地面积与种植结构变化都

对粮食生产产生负效应,粮食单产与复种指数皆为正效应。云南、贵州省及广西壮族自治区的增产效应远大于减产,四川省、重庆市则反之。四川省的耕地面积是减产的首要影响因子,直接抹平了所有其他因素的增产效果。重庆市复种指数与种植结构变化完全抵消了耕地规模与单产的贡献。东南沿海地区在粮食单产增长基础上总产均降低,耕地面积、种植结构的负向影响极大,上海市及浙江、福建和海南省的复种指数下降同样加重粮食生产负担,粮食总产增长率为-21%。

以各省级行政区影响粮食生产的首要因素形成全国分布如图 4 所示。耕地面积对粮食生产产生最显著效应的地区比如东北、江苏、四川、广东省,产生正向效应的原因有耕地保护政策的响应(东北地区);负向效应的原因则多样,表现有城市化推进过程中耕地被严重蚕食(东南沿海地区),山区耕地自然撂荒、退耕还草也导致耕地面积缩减(西南地区)。北方地区复种指数大幅调增(内蒙古自治区),与温度上升以及水利设施建设相关<sup>[31]</sup>;随着城市化发展,产业与人口非农化趋势增强,劳动力相对减少造成南方大部复种指数下调,典型如南方双季稻改种一季稻<sup>[32]</sup>。八大区域耕地非粮化的主要诱因均是种粮收益的日渐减少。面对经济作物庞大的市场需求与比较收益,农民纷纷趋之若鹜,扩大非粮作物生产造成粮、经作物生产格局显著变化,尤以青海、湖南、湖北、福建省为甚,种粮比例与日俱减。从图 4 中可见绝大部分省份的单产因素在粮食总产中占首要影响位置(新疆维吾尔自治区、西藏自治区、黄土高原与华北地区)。

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

从粮食生产的时间变化来看,我国粮食产量呈现先减少后增加的变化。2003 年以前粮食减产与耕地面积、种植结构、粮食单产因素变化抑制增产相关;2003 年以后产量持续增长,复种指数、粮食单产起到重要促进作用,完全抵消耕地面积与种植结构变化的减产效应,尤其粮食单产的促产贡献极大。空间变化则明显表现出南方各区域粮食产量连续下降、北方粮食增产的特征,与作为农业生产基础的耕地资源“北增南减”一致。总体来看,北京和天津市、东南沿海、重庆市粮食产量降低,尤以北京、上海市最甚。其余省级行政区增产情况较普遍,特别是东北平原及河南省。

表 2 1996—2016 年省级行政区粮食产量影响因素分解

Table 2 Decomposition of factors affecting regional grain production from 1996 to 2016

万 t

区域 Area	省级 行政区 Province	总产变化 $\Delta Q$ The change of grain production	耕地利用效用 The utility of cultivated land use			
			耕地面积 贡献 $L_e$ The contribution of arable land area	复种指数 贡献 $P_e$ The contribution of multiple crop index	种植结构 贡献 $q_e$ The contribution of planting structure	粮食单产 贡献 $k_e$ The contribution of grain yield per unit
东北区	黑龙江	3 011.90	1 302.87*	167.57	357.00	1184.46
	吉林	1 390.60	670.92*	321.45	-24.71	422.94
	辽宁	440.52	328.03	-115.47	-118.57	346.52*
蒙新区	内蒙	1 245.00	254.15	592.07	-284.09	682.87*
	新疆	706.99	301.92	422.44*	-310.76	293.39
青藏区	西藏	24.20	18.20	-6.02	-16.47	28.49*
	青海	-20.33	-17.54	16.91	-37.88*	18.17
黄土高原区	宁夏	112.70	4.86	77.65	-83.95	114.13*
	甘肃	320.00	65.02	53.91	-156.77	357.83*
	陕西	11.00	-309.96	174.66	-204.86	351.15*
	山西	241.40	-147.04	76.75	69.70	242.00*
华北平原区	北京	-183.70	-57.31	-99.47*	-39.42	12.50
	天津	-10.60	-21.31	-14.91	-10.98	36.60*
	河北	670.71	-168.55	113.51	-319.86	1045.60*
	山东	368.00	-48.64	47.48	-415.22	784.37*
	河南	2106.70	0.42	799.67	-138.09	1444.70*
	安徽	743.30	-53.35	240.32	107.63	448.70*
两湖地区	湖北	69.70	146.22	-59.81	-326.35*	309.63
	湖南	251.70	136.53	156.38	-430.08*	388.88
	江西	371.80	56.90	-209.84	214.96	309.79*
西南区	广西	12.00	-4.41	38.02	-342.80*	321.19
	贵州	179.80	-87.11	371.01*	-202.07	97.96
	云南	656.66	-52.53	578.33*	-227.84	358.71
	四川	-1 012.20	-1 225.48*	79.30	-602.39	736.37
	重庆	-6.14	449.41*	-304.16	-437.85	286.46
东南沿海区	上海	-127.10	-77.39*	-17.56	-49.38	17.23
	浙江	-764.60	-80.12	-525.45*	-298.57	139.55
	海南	-19.80	-9.96	-4.82	-71.75*	66.74
	福建	-301.30	-56.27	-118.19	-258.18*	131.35
	广东	-479.00	-360.45*	172.62	-351.60	60.43
	江苏	-10.35	-353.88*	248.25	-167.49	262.77

注：\* 为粮食产量的首要影响因素。

Note: \* is the primary factor affecting grain production.

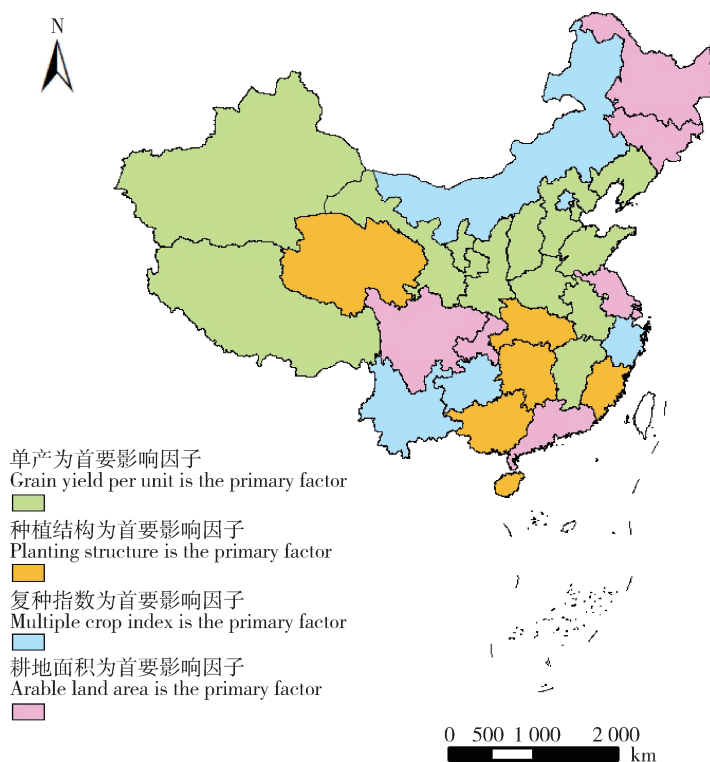


图4 首要耕地利用因素全国分布情况

Fig. 4 National distribution of primary arable land use factors

从耕地利用因素分解情况来看,耕地面积效应在东南、西南和华北地区呈现负向影响,在东北、西北地区反之。复种指数在全国范围发挥促产效应,绝大多数省级行政区的复种指数贡献为正值,其中复种指数变化的促产效果在黄土高原地区达到全域覆盖。粮耕指数即种植结构变化几乎形成全国范围的减产效果,仅4个省份种植结构因素产生正向促产效应,绝大多数省份粮耕指数下降,“压粮扩经”愈加普遍,也揭示了我国耕地的粮食生产功能逐渐弱化的现实问题。无论省域产量水平变化几何,单产提高都对粮食生产存在不同程度的贡献。42%省级行政区的粮食单产在耕地利用因素分解中属首要影响因素,表明单产水平提升对总产的影响在全国范围内举足轻重。

### 3.2 讨论

虽然粮食安全“保障”重心已经向北转移,但开发缺水的北方耕地后备资源时要注意生态保护,不得占用生态用地而补充南方耕地面积的减少,更要禁止山区和风沙干旱区的劣等地补充优等地。且北方地区熟制为一年一熟,粮食增产空间有限。在缺水的北方地区种植玉米耗水量较大,一味追求粮食

单产提升会加重水资源缺乏地区的地下水压力,加剧地区干旱。化肥的使用对于增产具有一定意义,但过量施用对环境危害较大,易加剧农村面源污染。反观科技进步及其带来的优良品种等投入改善以及科学的田间管理模式,是单产提高的重要原因。因此,未来应将良种技术、农机配置、水利和道路等基础设施的加强作为可持续增产的关键支撑。

虽然坚持最严格的耕地保护政策坚定不移,但城市化过程中耕地面积减少不可避免,这既与城市建设占用耕地相关,也与非农就业机会增加造成一些地区劣质的、难以规模化经营的耕地逐渐出现边缘化特征,即自然转为撂荒状态相关。1996—2016年单产对粮食增产影响最为显著,复种指数同样存在正向影响的研究结果表明,应充分发挥科技进步对以上两项技术因素的重大作用,大力推进“藏粮于技”战略措施,将科技成果更多转化为实际生产力,坚守粮食安全底线的前提下保证国家城市化和粮食安全协调发展。

### 参考文献 References

[1] 尹风雨,龚波. 中国粮食自给率现状及其测算方法改进研究



- [J]. 湖南科技大学学报: 社会科学版, 2017, 20(2): 122-127  
Yin F Y, Gong B. On China's current situations about grain Self-sufficient rate and improvement of its calculating method [J]. *Journal of Hunan University of Science & Technology: Social Science Edition*, 2017, 20(2): 122-127 (in Chinese)
- [2] 丁金梅, 杨奎, 马彩虹, 文琦. 中国粮食产量时空格局演变研究 [J]. 干旱区地理, 2017, 40(6): 1290-1297  
Ding J M, Yang K, Ma C H, Wen Q. Spatial-temporal evolution of grain production in China [J]. *Arid Land Geography*, 2017, 40(6): 1290-1297 (in Chinese)
- [3] 雷志朋. 福建省粮食产量与影响因素的相关性分析 [J]. 吉林农业, 2016(17): 78-79  
Lei Z P. Correlation analysis of grain yield and influencing factors in Fujian Province [J]. *Agriculture of Jilin*, 2016(17): 78-79 (in Chinese)
- [4] 卢李朋, 张杰, 姜朋辉, 张胜武. 甘肃省粮食产量变化的驱动分析及趋势预测 [J]. 经济地理, 2013, 33(4): 125-131  
Lu L P, Zhang J, Jiang P H, Zhang S W. Driven analysis and trend forecasting changes in grain production in Gansu Province [J]. *Economic Geography*, 2013, 33(4): 125-131 (in Chinese)
- [5] 倪超, 雷国平. 黑龙江省粮食产量变化及驱动因素分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(5): 14-19  
Ni C, Lei G P. Dynamic change and driving force of grain production in Heilongjiang Province [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2013, 27(5): 14-19 (in Chinese)
- [6] 尹世久, 吴林海, 张勇. 我国粮食产量波动影响因素的经验分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(10): 28-34  
Yin S J, Wu L H, Zhang Y. Empirical analysis of the factors influencing grain yield [J]. *System Engineering-Theory & Practice*, 2009, 29(10): 28-34 (in Chinese)
- [7] 焦宇航, 汪红梅. 粮食产量影响因素分析 [J]. 湖北农业科学, 2016, 55(7): 1873-1879  
Jiao Y H, Wang H M. Analysis of the influencing factors of grain production [J]. *Hubei Agricultural Sciences*, 2016, 55(7): 1873-1879 (in Chinese)
- [8] 刘慧, 张俊. 未来中国粮食增产的影响因素研究: 基于粮食主产区面板数据的实证分析 [J]. 太原理工大学学报: 社会科学版, 2016, 34(2): 40-45  
Liu H, Zhang J. A study of the factors affecting China's future grain yield increase: Based on the empirical analysis of the panel data of main grain producing areas [J]. *Journal of Taiyuan University of Technology: Social Science Edition*, 2016, 34(2): 40-45 (in Chinese)
- [9] 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)
- [10] 王佳月, 辛良杰. 基于 GlobeLand30 数据的中国耕地与粮食生产的时空变化分析 [J]. 农业工程学报, 2017, 33(22): 1-8  
Wang J Y, Xin L J. Spatial-temporal variations of cultivated land and grain production in China based on GlobeLand30 [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(22): 1-8 (in Chinese)
- [11] 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 Y, 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)
- [12] 洪舒蔓, 郝晋珉, 周宁, 陈丽, 吕振宇. 黄淮海平原耕地变化及对粮食生产格局变化的影响 [J]. 农业工程学报, 2014, 30(21): 268-277  
Hong S M, Hao J M, Zhou N, Chen L, Lv Z Y. Change of cultivated land and its impact on grain production pattern in Huang-Huai-Hai Plain [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(21): 268-277 (in Chinese)
- [13] 王凤, 刘艳芳, 孔雪松, 陈奕云, 潘佳威. 中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化 [J]. 经济地理, 2018, 38(5): 142-151  
Wang F, Liu Y F, Kong X S, Chen Y Y, Pan J W. Spatial and temporal variation of grain production and its influencing factors at the county level in China [J]. *Economic Geography*, 2018, 38(5): 142-151 (in Chinese)
- [14] 郝瑞彬. 2004—2013 年中国粮食生产变动贡献因素分解 [J]. 资源开发与市场, 2016, 32(09): 1051-1056  
Hao R B. Factors decomposition on contribution factors to grain output increase of China from 2004 to 2013 [J]. *Resources Development & Market*, 2016, 32(9): 1051-1056 (in Chinese)
- [15] 汪玉磊, 汪洁, 单英杰, 朱有为. 基于耕地因素分解的浙江省粮食生产变化研究 [J]. 浙江农业学报, 2017, 29(10): 1605-1610  
Wang Y L, Wang J, Shan Y J, Zhu Y W. Study on grain production in Zhejiang based on factors decomposition of cultivated land use [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2017, 29(10): 1605-1610 (in Chinese)
- [16] 史洋洋, 李敏, 吕晓, 陈昌玲. 日照市粮食生产的时空特征演变: 基于耕地因素分解的视角 [J]. 资源开发与市场, 2017, 33(10): 1183-1187  
Shi Y Y, Li M, Lv X, Chen C L. Evolution of temporal-spatial characteristics of grain production in Rizhao City of Shandong Province: From the perspective of factor decomposition of arable land use [J]. *Resources Development & Market*, 2017, 33(10): 1183-1187 (in Chinese)
- [17] 金涛, 陶凯刚. 江苏省粮食生产时空变化的耕地利用因素分解 [J]. 资源科学, 2013, 35(4): 758-763  
Jin T, Tao K L. Factor decomposition and temporal-spatial variation of grain production in Jiangsu [J]. *Resources Science*, 2013, 35(4): 758-763 (in Chinese)
- [18] 金涛. 中国粮食生产时空变化及其耕地利用因素 [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[J]. *Journal of Natural Resources*,2014,29(6):911-919 (in Chinese)
- [19] 金涛,陆建飞. 江苏粮食生产地域分化的耕地因素分解[J]. 经济地理,2011,31(11):1886-1890
- Jin T,Lu J F. Factors decomposition in regional disparities of grain production in Jiangsu Province[J]. *Economic Geography*,2011,31(11):1886-1890 (in Chinese)
- [20] 刘玉,蒙达,周艳兵,高秉博. 京津冀地区粮食产量变化及其作物种植结构分析[J]. 经济地理,2014,34(8):125-130
- Liu Y,Meng D,Zhou Y B,Gao B B. Contribution factors to grain production increase based on gravity center model and LMDI model in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1990 to 2010 [J]. *Economic Geography*,2014,34(8):125-130 (in Chinese)
- [21] 姚成胜,李政通,易行. 中国粮食产量变化的驱动因素及其空间分异研究[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(9):72-81
- Yao C S,Li Z T,Yi X. Driving effects of grain production change and its spatial differences in China[J]. *China Population Resources and Environment*,2016,26(9):72-81 (in Chinese)
- [22] Ang B W,Zhang F Q,Choi K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition [J]. *Energy*,1998,23(6):489-495
- [23] 邹健,龙花楼. 改革开放以来中国耕地利用与粮食生产安全格局变动研究[J]. 自然资源学报,2009,24(8):1366-1377
- Zou J,Long H L. The variation of farm land use and the security pattern of grain production in China since 1978[J]. *Journal of Natural Resources*,2009,24(8):1366-1377 (in Chinese)
- [24] 汪涌,王滨,马仓,钟晓林,蔡运龙. 基于耕地面积订正的中国复种指数研究[J]. 中国土地科学,2008,22(12):46-52
- Wang Y,Wang B, Ma C,Zhong X L,Cai Y L. Study on the multiple cropping index based on revised cultivated land area in China [J]. *China Land Science*,2008,22(12):46-52 (in Chinese)
- [25] 张雅琼,杨子生. 我国两次土地资源调查的对比分析[J]. 国土资源科技管理,2013,30(2):100-104
- Zhang Y Q, Yang Z S. Comparative analysis of two investigations of land resource in China [J]. *Scientific and Technological Management of Land and Resources*,2013,30(2):100-104 (in Chinese)
- [26] 黄华明. 第2次土地调查数据可靠性研究[J]. 北京农业,2009(36):50-53
- Huang H M. The second land investigation data reliable research [J]. *Beijing Agriculture*,2009(36):50-53 (in Chinese)
- [27] 陈印军,易小燕,方琳娜,杨瑞珍. 中国耕地资源与粮食增产潜力分析[J]. 中国农业科学,2016,49(06):1117-1131
- Chen Y J,Yi X Y,Fang L N,Yang R Z. Analysis of cultivated land and grain production potential in China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*,2016,49(6):1117-1131 (in Chinese)
- [28] 方言. 2000年农村经济形势分析及2001年展望[J]. 宏观经济管理,2001(1):9-12,42
- Fang Y. Analysis of rural economic situation in 2000 and outlook for 2001[J]. *Macroeconomic Management*,2001(1):9-12,42 (in Chinese)
- [29] 刘珍环,杨鹏,吴文斌,李正国,游良志. 近30年中国农作物种植结构时空变化分析[J]. 地理学报,2016,71(5):840-851
- Liu Z H,Yang P,Wu W B,Li Z G,You L Z. Spatio-temporal changes in Chinese crop patterns over the past three decades [J]. *ACTA Geographica Sinica*,2016,71(5):840-851 (in Chinese)
- [30] 刘彦随,翟荣新. 中国粮食生产时空格局动态及其优化策略探析[J]. 地域研究与开发,2009,28(1):1-5,16
- Liu Y S,Zhai R X. Spatial-temporal pattern changes and optimal strategy of grain Production in China since 1990s[J]. *Areal Research and Development*,2009,28(1):1-5,16 (in Chinese)
- [31] 章婷. 基于MODIS NDVI/EVI提取的宁夏复种指数与气候要素的相关性分析[D]. 南京:南京信息工程大学,2017
- Zhang T. Correlation analysis of Ningxia multiple cropping index based on MODIS/EVI and climatic factors[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology,2017 (in Chinese)
- [32] 辛良杰,李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报,2009,24(1):58-65
- Xin L J,Li X B. Changes of multiple cropping in double cropping rice area of southern China and its policy implications [J]. *Journal of Natural Resources*,2009,24(1):58-65 (in Chinese)

责任编辑:王燕华