

城镇化是否带来了耕地压力的增加？*

——来自中国的经验证据

高延雷 王志刚

摘要：本文基于 Gerbens-Leenes 提出的“虚拟土地”思想，从粮食安全的角度测算耕地压力指数，然后利用 2000~2017 年中国 31 个省（区、市）的面板数据，通过固定效应模型估计城镇化对耕地压力的影响效应，同时进行粮食功能区细分的分析。研究表明：①在考虑耕地质量的情况下，总体上中国的耕地面临着一定的压力，稳定在低水平的中度压力区。②耕地压力存在明显的区域差异，粮食主产区保持在安全压力区，主销区处在高度压力区且耕地压力不断上升，产销平衡区则稳定在较高水平的中度压力区。③从全国层面来看，人口城镇化的发展并没有带来耕地压力的增加，反而具有显著的缓解作用；从粮食功能区细分来看，在主销区和产销平衡区，人口城镇化对耕地压力均具有显著的负向影响，而在主产区则表现为显著的正向影响。④进一步地，通过对不同城镇化发展方式的考察发现，土地城镇化与就地城镇化均带来了耕地压力的显著增加。本文认为，应关注城镇化对耕地压力的影响，尤其是土地城镇化与就地城镇化带来的耕地压力增加以及随之而来的粮食安全问题。

关键词：城镇化 耕地压力 粮食安全 耕地保护 粮食功能区

中图分类号：F323.24 **文献标识码：**A

一、引言

耕地是人类生存和发展不可或缺的资源，在确保粮食安全、维持社会稳定以及实现可持续发展等方面发挥着重要的战略作用。因此，如何保护耕地、减小耕地压力始终是政策制定者和理论研究者关注的热点话题，尤其是在紧张的贸易摩擦和严峻的疫情冲击等诸多不确定因素的影响下，如何利用有限的耕地资源、把握粮食安全的主动权成为一项紧迫的课题。从 2004 年开始，各年度的中央“一号文件”都明确提出或重申了实施耕地轮作休耕项目、严守 18 亿亩耕地红线、落实永久基本农田特殊

*本文是国家自然科学基金项目“食品安全城乡差距效应的测度、形成机理及其对消费行为的影响机制研究”（项目编号：71773136）和国家自然科学基金应急管理项目“基于目标导向的新型农业支持保护政策体系研究”（项目编号：71841010）以及清华大学中国农村研究院博士论文奖学金项目（项目编号：201915）的阶段性成果。笔者感谢匿名审稿人的宝贵意见，但文责自负。本文通讯作者：王志刚。

保护制度以及推进重金属污染耕地治理修复等耕地保护政策；2016年，国土资源部印发了《全国土地利用总体规划纲要（2006-2020）调整方案》，对土地的整治、规划和保护进行了重新部署。学术界则从耕地压力评价（蔡运龙等，2002；宋小青、欧阳竹，2012；罗翔等，2016）、经济发展水平（张慧、王洋，2017）、生态环境（Sassi and Cardaci, 2013; Challinor et al., 2014）、土地生产力（Conceicao et al., 2016）以及粮食需求（Pingali, 2007）等多个角度对如何减小耕地压力和确保粮食安全进行了深入的研究。但是，鲜有学者关注城镇化对耕地压力的影响问题，这使得从城乡关系的视角透视耕地压力成为一个新的切入点。

事实上，自改革开放以来中国一直处在快速的城镇化过程中，突出表现在人口和土地两个维度。一方面，人口不断由农村流入城市，并在城市从事二三产业，实现稳定就业；另一方面，城市建成区规模持续扩大，居住区与基础设施铺开建设，表现为大规模的农用地和未利用地不断转变为建设用地。统计数据显示，以城镇常住人口为衡量标准的人口城镇化率从1978年的17.92%上升至2019年的60.60%^①，年均提高1.04个百分点；与此同时，城市建成区面积也已经从2000年的162.21万公顷持续增加至2017年的551.55万公顷^②，城市空间规模的扩大十分显著。不可否认，人口城镇化和土地城镇化为中国经济增长提供了有力的支持（王国刚，2010；国务院发展研究中心和世界银行联合课题组，2014），但也带来了城市人口过度集聚与“候鸟式”迁徙并存以及城市空间无序扩张等一系列问题。在此背景下，国家开始探索小城镇的城镇化发展道路，并强调大中小城市协调发展。其中，就地城镇化^③成为一种新的发展模式，并逐步受到政府与学术界的重视。

然而，快速的城镇化不仅带来了产业升级、技术进步、空间集聚以及农业制度变迁等正面效应（周诚君，2013；刘守英，2013），同时也带来了农业有效劳动力短缺（高延雷等，2019）、耕地面积减少（Lin and Ho, 2003）以及农村产业结构遭受冲击（Markus, 2012）等诸多问题。城镇化所造成的劳动力和耕地等要素的城乡再配置会对耕地压力产生不可避免的影响，值得做进一步的研究来澄清事实关系。但在经济学的语境中，城镇化一般指人口由农村向城市集聚的过程，通常用城镇常住人口占总人口的比重来反映，如果笼统地考察城镇化对耕地压力的影响可能会得出有偏的研究结论，并且由此形成的政策推论也缺乏针对性。鉴于此，本文尝试从人口城镇化、土地城镇化以及就地城镇化三个方面讨论城镇化对耕地压力的影响效应，进一步细化不同城镇化方式对耕地压力的差异化影响。

文章余下的结构安排如下：第二部分为文献综述；第三部分是测算与分析耕地压力指数；第四部分介绍模型设定、变量选择与数据来源；第五部分是分析实证结果；第六部分为稳健性检验；最后，

^①参见：《国家统计局局长就2019年全年国民经济运行情况答记者问》，http://www.stats.gov.cn/tjsj/sjd/202001/t20200117_1723470.html。

^②国家统计局城市社会经济调查司（编）：《中国城市统计年鉴》（2001、2018），北京：中国统计出版社。

^③就地城镇化是以原住地的中心村或小城镇为依托，通过发展乡镇企业和民营企业来带动农村劳动力实现就地非农就业和就地市民化，并尝试提供与城市接近的公共设施与服务，其突出的特点是在村居或镇居的基础上引入二三产业，实现农民的就地就近就业。

第七部分是结论与政策启示。

二、文献综述

关于城镇化与耕地压力关系的问题，学术界进行了很多深入的探索，研究视角、研究重点以及研究方法呈现多元化的特征。通过梳理现有文献发现，本文将要考察的问题与如下两类研究密切相关。

第一类是关于城镇化与耕地面积的关系。从现有文献来看，当前学术界关于城镇化对耕地面积变化的影响存在两种代表性的观点。第一种观点认为，城镇化带来了耕地的大量流失和非可逆性的用途转变，并且是造成耕地资源减少的主要原因之一(Lin and Ho, 2003; Jiang et al., 2013; Skog and Steinnes, 2016; Amour et al., 2017)。其逻辑在于，城镇化发展面临着基础设施的增建和城区空间的扩张，导致大量耕地转变为工业用地、基础设施用地和住宅用地，造成了大量优质耕地的减少(Tan et al., 2005; Rimal, 2013; Deng et al., 2015)。此外，Skinner et al. (2001)还从小城镇领导者的角度分析了农地向城市建设用地转化过程中存在的投机行为，并认为小城镇的扩张会直接导致耕地的减少。第二种观点认为，城镇化过程中大量人口从农业部门转移至非农部门，城市人口比重越来越大，城市人均耕地的占用面积明显小于农村地区，并且随着农村人口向城市的流入，农村闲置的住房用地又可以逐步复垦为耕地，这对耕地的集约利用以及耕地数量的增加起到了积极的作用(Huang et al., 2005; 朱莉芬、黄季焜, 2007; Mascarenhas et al., 2019)。

第二类是关于耕地压力指标的测度与应用。学术界对耕地压力的界定并不统一，一种比较直接的方法是用耕地面积的增减来定义耕地压力(Daniels, 1991; Jayne et al., 2014)。即在外界因素的冲击下，如果耕地面积减少，耕地压力随之增加；反之，耕地压力则相应减小。另有部分学者进一步引入了依附于耕地上的人口因素，从耕地的食物供给这一基础功能的角度来考察耕地所面临的压力，例如封志明(2007)和Headey and Jayne(2014)从人口持续增长以及粮食需求量随之增加的角度考察了耕地所面临的食物供给压力问题，当既有的耕地需要提供更多的食物时，耕地压力将会增大。还有一部分学者从食物的生产和需求角度来揭示耕地压力的状态。例如，Gerbens-Leenes and Nonhebel(2002)研究了食物消费方式对耕地需求的影响，并提出了“虚拟土地”的概念，形成了从食物消费逆推耕地需求量的思想。Kastner et al.(2012)则利用相同的方法研究了全球范围内饮食变化对土地需求的影响。按照“虚拟土地”的思想，蔡运龙等(2002)从食物生产与消费关系的角度定义了耕地压力，并且给出了耕地压力指数确切的计算方法。此后，耕地压力指数逐步得到了学术界的认可与应用，并产生了耕地压力的动态特征、空间分异以及决定因素等相关研究(谭术魁等, 2012; Song et al., 2012; 张慧、王洋, 2017)。基于已有的耕地压力指数研究，罗翔等(2015)进一步考虑了地区之间耕地质量的差异性问题，并将耕地相对质量引入耕地压力指数的计算过程来对其进行修正，在此基础上分析了耕地压力与城镇化、粮食安全等的关系。

不可否认，已有的研究为认识和理解城镇化与耕地压力的关系提供了重要的文献基础。但是，仍然存在两方面的不足。一是研究城镇化与耕地压力关系的文献多局限于对耕地占用面积的考察。事实上，耕地占用面积仅仅反映了耕地压力的一个方面，并不是衡量耕地所面临压力的准确指标。因此，

关注耕地占用面积的研究只能大致反映出城镇化对耕地数量的影响效应，但并不能捕捉城镇化发展对耕地所产生的多方面影响。这主要是因为城镇化过程中的空间扩张带来了耕地数量的变化，而且农业劳动力的流动和农村产业结构的调整对耕地的功能、用途以及质量等方面都会造成严重的影响。因此，寻找一个恰当且准确的耕地压力指标对研究城镇化与耕地之间的关系十分关键。二是尽管有些研究测算出了包含更多信息的耕地压力指数，但大多局限于对其状态特征、变动趋势等问题的考察，或者是关注耕地压力对其他因素的影响，而选择从城镇化的角度来考察耕地压力的研究却略显不足。

相较于现有的研究，本文在如下三个方面做出新的尝试。第一，在研究视角方面，本文重点考察人口城镇化对耕地压力的影响效应，并进一步讨论土地城镇化和就地城镇化给耕地压力带来的差异化影响。第二，在计量方法方面，本文考虑人口城镇化与耕地压力可能存在的内生性问题，并引入DMSP/OLS夜间灯光数据和PM2.5数据作为人口城镇化的工具变量，旨在缓解参数估计的有偏和非一致性问题，使得研究结论具有较高的可信度。第三，在研究内容方面，本文从全国层面展开分析的同时还侧重对各粮食功能区的考察^①，强调城镇化影响耕地压力的异质性，试图对现有的研究结论做出一定程度的拓展。

三、耕地压力指数的测算与分析

（一）测算方法

一般地，耕地压力多采用耕地压力指数来衡量，即从粮食^②生产与消费之间的相互关系来判断区域内的耕地压力状况，并且该方法已被当前学术界普遍认可和采用（宋小青、欧阳竹，2012；甘彩红等，2014；张慧、王洋，2017）。但是，上述方法并没有将耕地质量的地区性差异纳入测算体系，而耕地质量恰是决定粮食单产水平的关键因素（参见Dumanski and Pieri, 2000），这导致耕地压力的测算结果并不能与实际情况很好地吻合，进而难以对其进行准确的评估和考察。鉴于此，本文借鉴罗翔等（2015）的做法，利用耕地相对质量对耕地压力指数进行修正，具体的设定形式为：

$$K_{S_i} = \frac{K_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

（1）式中， K_{S_i} 为第*i*个省（区、市）修正后的耕地压力指数； K_i 表示第*i*个省（区、市）未修正的耕地压力指数； σ_i 为第*i*个省（区、市）的耕地相对质量。

进一步地， $K_i = S_{\min_i} / S_{a_i}$ ， S_{\min_i} 为确保粮食安全的最小人均耕地面积（公顷/人）， S_{a_i} 为第*i*个省（区、市）的实际人均耕地面积（公顷/人）。 S_{\min_i} 又可进一步表达为： $S_{\min_i} = \beta_i \times Gr_i / (p_i \times q_i \times k_i)$ 。

^①根据《国家粮食安全中长期规划纲要（2008-2020）》的标准，本文将全国划分为粮食主产区、粮食主销区和粮食产销平衡区。其中，粮食主产区包括辽宁、吉林、黑龙江、内蒙古、河北、山东、安徽、江苏、江西、河南、湖南、四川和湖北13个省（区）；粮食主销区包括北京、上海、天津、浙江、海南、广东和福建7个省（市）；粮食产销平衡区包括山西、广西、重庆、云南、贵州、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆11个省（区、市）。

^②本文中，粮食是指稻谷、小麦和玉米三种主粮。

其中， β_i 为粮食自给率(%)^①； Gr_i 为人均粮食需求量(公斤/人)^②； p_i 为单位面积粮食产量(公斤/公顷)； q_i 为粮食播种面积占农作物总播种面积的比重； k_i 为复种指数(%)^③； $p_i \times q_i \times k_i$ 则表示耕地生产力。

耕地相对质量 σ_i 采用如下公式度量： $\sigma_i = CA_i / CA_n$ 。其中， CA_i 表示第*i*个省(区、市)的耕地质量， $CA_i = p_i \times k_i$ ； CA_n 为全国水平的耕地质量， $CA_n = p_n \times k_n$ ， p_n 为全国水平的单位面积粮食产量(公斤/公顷)， k_n 为全国水平的复种指数(%)。

根据上述公式之间的逻辑关系，在一定的粮食自给率水平(β_i)和人均粮食需求量(Gr_i)下，确保粮食安全的最小人均耕地面积取决于耕地生产力($p_i \times q_i \times k_i$)。如果耕地生产力越高，确保粮食安全的最小人均耕地面积越小；反之，确保粮食安全的最小人均耕地面积越大。

从(1)式可以看出，确保粮食安全的最小人均耕地面积与实际人均耕地面积的对比关系 K_i ，用耕地相对质量 σ_i 进行调整后就得到了修正后的耕地压力指数，该指数能够反映某一区域耕地资源的紧张程度。修正后的耕地压力指数大小主要取决于耕地生产力和耕地相对质量。耕地生产力越高，耕地压力指数越小；耕地相对质量越高，耕地压力指数也越小。由于确保粮食安全的最小人均耕地面积与实际人均耕地面积都处在动态变化之中，所以不同区域或不同时期的耕地压力指数均具有动态变化的特征。一般地，在不考虑修正系数 σ_i 的情况下，当 $K_i < 1$ 时，确保粮食安全的最小人均耕地面积小于实际人均耕地面积，表明在确保粮食安全层面耕地无明显的压力；当 $K_i = 1$ 时，确保粮食安全的最小人均耕地面积与实际人均耕地面积相等，这时候则需要加紧保护耕地以确保能够满足人们正常生活的粮食需求；当 $K_i > 1$ 时，确保粮食安全的最小人均耕地面积大于实际人均耕地面积，表明耕地压力已十分明显，粮食生产量已经不能满足正常的需求，即粮食安全形势进入紧张状态。

为了更具体地考察中国耕地压力所处的状态，本文参考罗翔等(2016)关于耕地压力水平的评判法则，将耕地压力指数划分为4个等级区域：安全压力区($0 \leq K_s \leq 0.9$)、轻度压力区($0.9 < K_s \leq 1$)、中度压力区($1 < K_s \leq 2$)以及高度压力区($K_s > 2$)^④。

(二) 结果分析

图1考察了2000~2017年全国以及粮食主产区、主销区、产销平衡区的耕地压力在时间维度上的变化趋势。

(1) 全国层面。2000~2017年耕地压力呈现缓慢下降的趋势，2011年之前处在低水平的中度压

^①根据《国家粮食安全中长期规划纲要(2008~2020年)》的规定，本文将粮食自给率设定为95%。

^②关于人均粮食需求量的设定，本文参考了学者罗翔等(2016)的研究，假定其具有递增的趋势，并设置为4个典型的取值区间：2000~2004年为400公斤，2005~2009年为410公斤，2010~2013年为420公斤，2014~2017年为430公斤。

^③复种指数用全年农作物总播种面积与耕地面积的比值来度量。

^④由于耕地压力指数的测算引入了修正系数 σ_i ，其临界值并不严格等于1。但为了定量比较和分析的方便，此处仍以 $K_s = 1$ 为临界值来划定耕地压力状态。

力区，在此之后逐步进入轻度压力区。这表明，从确保粮食安全的角度来看，中国仍然面临着中轻度的耕地压力，也证明了国家实施“藏粮于地”“严守 18 亿亩耕地红线”等耕地保护战略的合理性。

(2) 各粮食功能区层面。首先，粮食主产区处在安全压力区，并且有逐年递减的趋势。主产区的耕地多以平原为主，土质疏松且有机质含量高，粮食单产水平和粮食作物播种面积比重都很高，是中国粮食安全的核心保障区。其次，粮食主销区处在高度压力区，且呈现持续、快速的增长态势。这表明，在不考虑粮食流通的情况下，主销区的粮食安全危机逐步显现，粮食安全问题十分严峻。主销区均为经济较为发达的东部沿海省份，人口密集且耕地数量有限，农业边缘化趋势较为明显，这使得实际人均耕地面积很小且逐年递减^①。第三，粮食产销平衡区的耕地处在中度压力区，与高度压力区十分接近，但有逐年减小的趋势。这表明，如果不考虑粮食的区域调配和跨省流通，产销平衡区同样存在粮食供给与需求失衡的问题。从现实情况来看，粮食产销平衡区集中在中国的中西部山区和高原地带，耕地零散且垦殖率低，耕地质量较差，粮食单产水平和耕地复种指数都偏低。

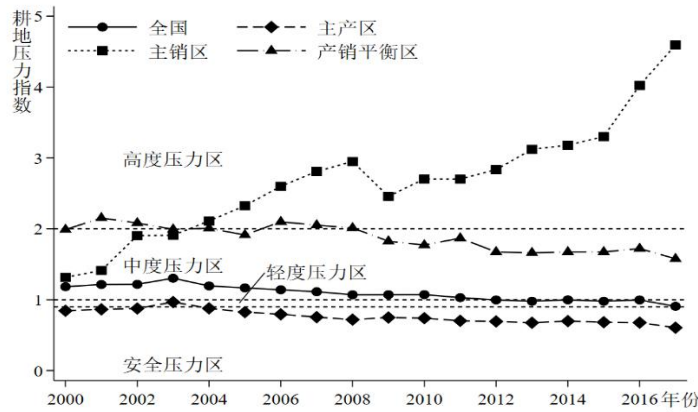


图 1 2000~2017 年耕地压力指数的变化趋势

四、模型、变量与数据

(一) 模型设定

本文构建耕地压力与城镇化的双向固定效应模型，具体形式如下：

$$Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 U_{it} + \alpha_2 X_{it} + PRO_i + YEAR_t + \mu_{it} \quad (2)$$

(2) 式中， Y_{it} 为第 i 省（区、市）第 t 年的耕地压力指数； U_{it} 为第 i 省（区、市）第 t 年的城镇化水平； X_{it} 表示第 i 省（区、市）第 t 年的控制变量向量； PRO_i 为省份固定效应项，以控制地区层面不可观测且不随时间变动的个体异质性； $YEAR_t$ 为不可观测的时间固定效应项； μ_{it} 为随机误差项； α_0 、 α_1 和 α_2 均为待估计参数。

^① 《中国统计年鉴》（2001~2018 年）公布的数据显示，粮食主销区的人均耕地面积从 2000 年的 0.05 公顷持续降至 2017 年的 0.03 公顷，并且低于全国平均水平。

（二）变量选取

1.被解释变量：耕地压力指数。根据上文公式测算出的耕地压力指数的值域较小（最小值为0.43，最大值为5.80），估计结果容易受到异常值的影响（参见Flannery and Rangan, 2006），因此有必要对离群值进行检验和处理。本文主要借助箱线图来检验异常值，并设定：如果观测值超出箱体的上限或下限，则视为异常值^①。一般地，处理异常值的方法是把样本直接删除，但这样处理可能存在样本选择偏误的风险。同时考虑到本文使用的是面板数据，样本量有限，为了保持样本的丰富性，本文针对异常值采用非删失双边2%缩尾的方法进行处理。

2.核心解释变量：城镇化水平。人口城镇化和土地城镇化是城镇化发展的重要体现，也是影响城乡之间劳动力与耕地资源配置的关键所在。就地城镇化作为中国中小城市发展战略的一种重要形式，依托村镇企业和私营企业在现有村居或镇居的基础上逐步发展起来，不可避免地会对农村产业结构以及劳动力和耕地要素的配置带来冲击和影响。为了检验不同城镇化对耕地压力带来的差异化作用，本文分别考察人口城镇化、土地城镇化和就地城镇化对耕地压力的影响效应，并分别采用“城镇常住人口占总人口的比重”“城市建成区面积占省行政区划面积的比重”以及“乡村私营企业就业人数与个体就业人数之和占乡村人口的比重”来度量。

3.控制变量。本文在参考宋小青、欧阳竹（2012）与张慧、王洋（2017）研究的基础上，从经济因素和生产因素两个维度引入控制变量。其中，经济因素包含产业结构和农民收入2个变量；生产因素包含化肥投入、机械投入、农药投入、成灾面积和灌溉水平5个变量。控制变量的选择依据如下：

（1）产业结构。首先，该变量对农民的就业结构具有直接影响。一般而言，二三产业拥有较高的就业容纳率，可为农业劳动力的非农就业提供更为广阔的安置空间，而农业劳动力向非农产业的转移则严重阻碍了粮食生产效率的提升（Damon, 2010; 钱龙、洪名勇, 2016），由此可能会对耕地压力产生正向影响。其次，产业结构反映了省域内支撑性产业的特点，决定着产业的相对重要性以及所能获得的政府支持力度。如果工农关系、城乡关系处理不当都会对农业与农村造成负面的影响（马晓河等, 2005; 项继权、周长友, 2017），从而破坏粮食产能，进而对耕地压力造成不利的影晌。与之相反，非农部门的发展也为农业技术进步提供了条件，例如机器设备、化肥种子以及灌溉设施等，从而有助于促进粮食产能的进一步提高（徐建国、张勋, 2016），进而有可能对缓解耕地压力产生一定的促进作用。

（2）农民收入。该变量直接影响农民种粮的投资能力，有助于降低确保粮食安全的最小人均耕地面积，减小耕地压力。但是，在农民工资性收入不断攀升并逐步占据农民收入主要构成部分的情境下，农民离农的机会成本不断降低，这加速了“多季转单季”“弃耕抛荒”以及“农转非”等形式的农业边缘化趋势（罗必良, 2014; Su et al., 2019），因此存在农民收入提高反而加剧耕地压力的可能性。

（3）化肥投入、机械投入、农药投入、成灾面积以及灌溉水平。这些变量主要是控制粮食生产要素和基础设施的投入水平。各生产因素的测算方法为：化肥投入=省份内化肥投入的折纯量×粮食播种面积占农作物总播种面积的比重/粮食播种面积；机械投入=省份内农业机械总动力×粮食播种面积

^①篇幅限制，箱线图未列出。

占农作物总播种面积的比重/粮食播种面积；农药投入=省份内农药投入量×粮食播种面积占农作物总播种面积的比重/粮食播种面积；成灾面积=省份内成灾总面积×粮食播种面积占农作物总播种面积的比重/粮食播种面积；灌溉水平=有效灌溉面积/耕地总面积。其中，化肥投入、机械投入、农药投入及灌溉水平作为重要的生产要素投入对粮食的增产和保产有直接的促进作用，可能有助于缓解耕地压力；而成灾面积会直接导致粮食有效播种面积的减少和粮食产能的降低，进而可能会增大耕地压力。

（三）数据来源

测算耕地压力指数的基础数据主要来源于《中国统计年鉴》^①和《中国农村统计年鉴》^②。2000~2008年的耕地面积数据来源于国泰安数据库（CSMAR）^③，2009~2017年的耕地面积数据来源于国务院发展研究中心信息网^④和布瑞克农业数据库^⑤，对于缺失的耕地面积数据采用4年移动平均法进行补充。粮食消费量数据来源于布瑞克数据库。人口城镇化数据主要有2个来源：2000~2004年的数据是根据《中国人口和就业统计年鉴》^⑥中的相关指标计算得到的；2005~2017年的数据是从《中国统计年鉴》^⑦获得。土地城镇化数据根据《中国城市建设统计年鉴》^⑧《中国城市统计年鉴》^⑨及中华人民共和国民政部网站^⑩公布的数据计算。就地城镇化数据来源于《中国统计年鉴》。另外，其他控制变量的数据均来源于《中国统计年鉴》和《中国农村统计年鉴》。变量的详细说明和统计性指标如表1所示。

表1 变量说明与描述性统计

变量分类	名称	说明	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	耕地压力	第三部分测算出的耕地压力指数	1.6132	1.0896	0.4340	5.8033
核心解释变量	人口城镇化	城镇常住人口占总人口的比重	0.4904	0.1561	0.2190	0.8960
	土地城镇化	城市建成区面积占省行政区划面积的比重	0.0162	0.0290	0.0001	0.1576
	就地城镇化	乡村私营企业就业人数与个体就业人数之和占乡村人口的比重	0.1402	0.2507	0.1092	0.7121
控 经	产业结构	第二、第三产业增加值之和占地	0.8745	0.0667	0.6209	0.9964

^①中华人民共和国国家统计局（编）：《中国统计年鉴》（2001~2018年，历年），北京：中国统计出版社。

^②国家统计局农村社会经济调查司（编）：《中国农村统计年鉴》（2001~2018年，历年），北京：中国统计出版社。

^③参见 <http://cn.gtadata.com/#/index>。

^④参见 <http://g.drcnet.com.cn/u/-9993/>。

^⑤参见 <http://www.agdata.cn/>。

^⑥国家统计局人口和就业统计司（编）：《中国人口和就业统计年鉴》（2001~2005年，历年），北京：中国统计出版社。

^⑦中华人民共和国国家统计局（编）：《中国统计年鉴》（2006~2018年，历年），北京：中国统计出版社。

^⑧中华人民共和国住房和城乡建设部（编）：《中国城市建设统计年鉴》（2006~2017年，历年），北京：中国统计出版社。

^⑨国家统计局城市社会经济调查司（编）：《中国城市统计年鉴》（2001~2018年，历年），北京：中国统计出版社。

^⑩参见 <http://xzqh.mca.gov.cn/map>。

城镇化是否带来了耕地压力的增加？

制 变 量	济 因 素	区生产总值的比重				
	农民收入	农村居民人均可支配收入（元）， 取自然对数	8.5510	0.6943	7.1899	10.2337
生 产 因 素	化肥投入	单位粮食播种面积的化肥施用量 （吨/公顷）	0.3342	0.1207	0.1082	0.7993
	机械投入	单位粮食播种面积的机械总动力 （千瓦/公顷）	5.6520	3.3141	1.3171	24.6258
	成灾面积 ^a	粮食成灾总面积占粮食播种面积 的比重	0.1283	0.1008	0.0000	0.6231
	灌溉水平	有效灌溉面积占耕地面积的比重	0.5054	0.2220	0.1404	0.9958
	农药投入	单位粮食播种面积的农药施用量 （吨/公顷）	0.0110	0.0085	0.0014	0.0564

注：^a成灾面积是指受灾面积中因灾减产三成以上的农作物播种面积，该指标能够较好地反映自然灾害对耕地压力的影响。

五、实证结果分析

（一）基准模型结果分析

本文基于 2000~2017 年中国 31 个省（区、市）的面板数据，利用双向固定效应模型来考察人口城镇化对耕地压力的影响效应，表 2 报告了相应的估计结果^①。从回归（1）的估计结果来看，如果以未经过缩尾处理的耕地压力指数为被解释变量，在未引入其他控制变量的情况下，人口城镇化对耕地压力具有显著的负向影响。回归（2）的估计结果显示，在引入控制变量后，人口城镇化对耕地压力的负向影响依然显著，模型的拟合优度与回归（1）相比有明显提升。从回归（3）和（4）的估计结果来看，在利用缩尾方法处理异常值之后，无论是否引入控制变量，人口城镇化对耕地压力均表现为显著的负向影响，但影响效应略小于未处理异常值时的情况。

表 2 人口城镇化影响耕地压力的估计结果

	被解释变量：耕地压力指数（未缩尾）		被解释变量：耕地压力指数（缩尾）	
	(1)	(2)	(3)	(4)
人口城镇化	-1.3470*** (0.2764)	-0.8641** (0.4277)	-0.7897*** (0.2618)	-0.6099*** (0.2234)
产业结构	—	-1.2177* (0.6580)	—	-1.1826* (0.6071)
农民收入	—	-1.8576*** (0.2235)	—	-1.9488*** (0.2062)
化肥投入	—	-0.0127** (0.0059)	—	-0.0149* (0.0081)
机械投入	—	-1.0292*** (0.1568)	—	-0.2417* (0.1446)

^①本文也尝试了控制个体与时间交互固定效应，参数估计值在方向上与双向固定效应模型的估计结果一致，仅在大小上略有差异。但考虑到模型自由度不足，控制个体与时间交互固定效应在小样本情况下并不有效。为了保持模型在文中的一致性，本文中不再报告包含交互固定效应的结果。但感谢审稿老师提出的意见和修改建议。

城镇化是否带来了耕地压力的增加？

成灾面积	—	1.0907*** (0.1632)	—	1.0255*** (0.1506)
灌溉水平	—	-1.6345*** (0.2393)	—	-1.6079*** (0.2207)
农药投入	—	-1.1512 (1.3549)	—	-1.1594 (1.2500)
常数项	2.1333*** (0.3671)	17.2431*** (1.6616)	1.9158*** (0.1159)	17.9573*** (1.5329)
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	YES	YES	YES
Hausman 检验 P 值	0.0291	0.0002	0.4453	0.0000
时间效应检验 P 值	0.0019	0.0000	0.0463	0.0021
组内 R ²	0.0746	0.3634	0.0453	0.3770
样本量	558	558	558	558

注：①*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平；②括号内数字为省级层面的聚类稳健标准误。

上述结果表明，从粮食安全的角度来讲，人口城镇化的发展并没有带来耕地压力的增加，反而起到了显著的缓解作用。具体而言，人口城镇化水平每上升 1 个百分点，耕地压力指数则相应下降约 0.0061^①。一般而言，粮食作物的机械化作业率高于经济作物，并且易于参与农业分工，具有节约劳动力的典型特征。人口城镇化过程中劳动力不断由农村流向城市，导致从事农业生产的有效劳动力不足。面对有效劳动力的供给约束，农户可以从调整要素投入结构和种植结构两个方面做出响应：一是采用机械替代劳动力，减少农业生产中的劳动力投入；二是调整粮食作物与经济作物的种植比例，同样以节省劳动力投入为调整目标（钟甫宁等，2016；罗必良等，2018）。粮食作物的机械化作业率较高，对劳动力的需求较少，同时符合农户的两个响应逻辑。因此，农户的应对策略则是倾向于种植更高比例的粮食作物，即提高粮作比，而粮作比的提高则会直接降低耕地压力。从实际情况来看，总体上中国粮食作物的播种面积一直在增加，并且粮食播种面积占农作物总播种面积的比重始终处在高位。2005 年，粮食作物（包括稻谷、小麦、玉米、豆类以及薯类）的播种面积为 10428 万公顷，并且连续增长至 2016 年的 11923 万公顷^②，占农作物总播种面积的比重则由 67.06%上升至 71.42%，年均增长率为 0.57%。2016 年，中国政府开始大力推进农业供给侧结构性改革，主动调整农业种植结构，并且重点调减了玉米的播种面积，导致 2017 年粮食播种面积稍有下滑，但仍维持在一个较高的水平（粮作比为 70.94%），从而确保了粮食基本产能的稳定。故此，粮作比提高很可能是人口城镇化减缓耕地压力的主要机制。

对于控制变量的估计结果而言，系数基本符合理论预期，并且与以往的一些研究基本一致（例如宋小青、欧阳竹，2012；张慧、王洋，2017）。具体而言，产业结构变量对耕地压力具有显著的负向影响，即第二、第三产业增加值在地区生产总值中占比的提高会进一步减小耕地压力。农民收入对耕地压力具有显著的负向影响，表明农民收入的提高有助于减缓耕地压力。成灾面积带来了耕地压力的显著增加，自然灾害会给粮食的生产造成严重的影响，意味着可能会从粮食生产的角度来影响耕地压力。

^①利用表 2 回归（4）中人口城镇化变量的系数乘以 1%，并保留小数点后 4 位，从而得到该数值。

^②中华人民共和国国家统计局（编）：《中国统计年鉴》（2018），北京：中国统计出版社。

灌溉水平变量显著且系数为负，表明有效灌溉比例越高越有助于减小耕地压力。化肥和农药是常规的耕地替代型投入要素。前者对耕地压力表现为显著的负向影响，即化肥的施用有助于缓解耕地压力，但系数估计值很小（绝对值略大于 0.01）；后者系数虽然为负，但不显著，即农药的投入对耕地压力的影响效应在统计上无异于零。这表明，化肥、农药的大量施用几乎达到了粮食增产和缓解耕地压力的极限，也反映了中国农业化学品投入已经表现出边际产出偏低的事实^①。

（二）分粮食功能区考察

一般而言，各个粮食功能区在城镇化发展水平、产业布局以及粮食生产要素结构等方面可能存在显著的系统性差异。为了估计各粮食功能区人口城镇化影响耕地压力的异质性，本节将对粮食主产区、主销区以及产销平衡区进行分样本考察，估计结果如表 3 所示。

从表 3 可以发现，粮食主产区的人口城镇化对耕地压力具有显著的正向影响，即人口城镇化的发展带来了粮食主产区耕地压力的增加，该结果与全国样本中的影响效应不一致。正如在前文所述，随着人口城镇化的持续推进，农业劳动力不断由农村转移至城市，当农业生产面临有效劳动力的约束时，农业种植结构则会逐步偏向劳动力节约型的“趋粮化”结构（罗必良等，2018）。但在粮食主产区，稻谷、小麦和玉米等主粮作物的种植比例很高^②，当面临趋紧的劳动力约束时，“趋粮化”的结构调整弹性可能不足。当劳动力节约型的种植结构不能充分实现时，农户又会进一步做出粗放式经营的响应（蔡昉，2008；朱启臻、杨汇泉，2011），例如改物理除草为化学除草（如喷施除草剂等）、改多次施肥为单次施肥或改喷施助壮素、改施有机肥为无机肥以及降低复种率甚至撂荒等，从而触发“谁来种地”的警铃。这些行为会严重影响投入生产的耕地数量与质量，并且会直接造成粮食产能的不足。从粮食主销区和产销平衡区的回归结果来看，人口城镇化对耕地压力则表现出显著的负向影响，即人口城镇化有助于减小耕地压力，该结果与全国样本的估计结果保持了一致。

表 3 粮食功能区人口城镇化影响耕地压力的估计结果

	主产区	主销区	产销平衡区
人口城镇化	1.1329** (0.5186)	-2.9743*** (0.4133)	-0.4982** (0.2527)
产业结构	-0.6734 (0.6861)	-4.8905*** (1.1629)	0.3844 (0.8646)
农民收入	-0.1819** (0.0734)	0.8577*** (0.0457)	0.0432 (0.0635)
化肥投入	-0.0224*** (0.0060)	0.0328*** (0.0030)	-0.0021 (0.0049)
机械投入	-0.6207** (0.2766)	-0.2398 (0.2893)	0.0235 (0.1570)
成灾面积	0.4274** (0.2021)	0.2361 (0.2184)	1.0951*** (0.1780)
灌溉水平	-0.2726 (0.3124)	-2.6983*** (0.2519)	-0.3125 (0.4018)
农药投入	0.0197 (1.8339)	-0.7889 (1.9202)	-1.2266 (1.5282)

^① 《全国土壤污染状况调查公报》公布的数据显示，中国在全球约 7% 的耕地上投入了 35% 的化肥和农药，造成了 19.4% 的耕地污染物超标（数据来源：http://www.gov.cn/foot/2014-04/17/content_2661768.htm）。

^② 《中国统计年鉴》（2018）公布的数据显示，2017 年主产区粮食（仅包括稻谷、小麦和玉米，未包含豆类和薯类）的播种面积占农作物播种总面积的比例为 67%，比主销区高 23 个百分点，比产销平衡区高 21 个百分点。

城镇化是否带来了耕地压力的增加？

常数项	3.2682*** (0.5777)	0.3594 (0.7927)	2.0220*** (0.5717)
个体固定效应	YES	YES	YES
时间固定效应	NO	NO	NO
Hausman 检验 P 值	0.0577	0.0000	0.0427
组内 R ²	0.3018	0.8802	0.2705
样本量	234	126	198

注：①*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平；②括号内数字为省级层面的聚类稳健标准误。

(三) 进一步拓展

1.对土地城镇化的考察。在基准模型部分，本文考察了人口城镇化对耕地压力的影响效应。接下来，本文进一步利用“城市建成区面积占省行政区划面积的比重”来度量土地城镇化水平，系统考察土地城镇化对耕地压力的影响，表 4 报告了相应的估计结果。

表 4 土地城镇化影响耕地压力的估计结果

	系数	聚类稳健标准误	系数	聚类稳健标准误
土地城镇化	29.9934***	9.1060	23.8232***	8.1218
产业结构	—	—	-1.0815	1.5113
农民收入	—	—	-1.3717***	0.3407
化肥投入	—	—	-0.0190**	0.0072
机械投入	—	—	0.4745	0.3113
成灾面积	—	—	1.0946***	0.1813
灌溉水平	—	—	-1.3233*	0.7576
农药投入	—	—	-0.1648	1.6117
常数项	1.2246***	0.1440	12.5520***	3.3973
个体固定效应	YES		YES	
时间固定效应	YES		YES	
Hausman 检验 P 值	0.0000		0.0005	
时间效应检验 P 值	0.0022		0.0000	
组内 R ²	0.1764		0.4325	
样本量	558		558	

注：*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。

从表 4 的估计结果可以发现，无论是否加入控制变量，土地城镇化对耕地压力均具有十分显著的正向影响。该结果意味着城市空间范围的扩张带来了耕地压力的显著增加。这可能是由于土地城镇化过程中城市基础设施的修建和居住区的扩张占用了大量的耕地，造成了耕地用途的非可逆性转变，即土地城镇化直接造成了有效耕地面积的减少。统计数据显示，中国城市建设用地面积一直在不断扩大，征用的耕地面积从 2007 年的 44756 公顷持续增加至 2017 年的 84127 公顷^①，年均增长率为 6.5%，呈明显扩张的趋势。另外，从全国层面来看，按照“城市建成区面积占省行政区划面积的比重”的度量

^①中华人民共和国住房和城乡建设部（编）：《中国城市建设统计年鉴》（2007、2017），北京：中国统计出版社。

方法，中国的土地城镇化水平从 2000 年的 0.29% 上升至 2017 年的 0.59%，年均增长约 0.02 个百分点。在控制其他解释变量影响的情况下，土地城镇化将导致耕地压力指数平均每年增加约 0.005（根据表 4 第 4 列计算^①）。进一步地，通过与耕地压力指数临界值范围的比较发现，土地城镇化导致耕地压力指数平均每年增加 0.005，这对于耕地压力而言是一个比较大的影响。如果土地城镇化的推进速度过快或单纯地以城市空间扩张为发展目标，那么，中国的耕地压力以及粮食安全都将面临严峻的挑战。

2. 对就地城镇化的考察。本文进一步考察就地城镇化对耕地压力的影响，估计结果如表 5 所示。从表 5 可以发现，无论是否加入控制变量，就地城镇化对耕地压力均表现出显著的正向影响，即就地城镇化的发展带来了耕地压力的增加，这与 Deng et al. (2015) 的研究结论一致。其可能的解释是，就地城镇化在原有村居或镇居的基础上逐步发展起来，规模小而分散且缺乏必要的用地规划，耕地的集约利用不足，同时产业园区和公共设施的建设对耕地的占用更直接（季建林，2001），从而会造成耕地面积的显著减少。此外，就地城镇化为农村引入二三产业提供了新契机，推动了乡村旅游、乡村康养等产业的发展，这在提高农民收入的同时也提高了粮食种植的机会成本，土地的非农化以及农业的边缘化趋势可能更为明显，进而会进一步降低粮食产能。例如，浙江省推动的“特色小镇”建设，带动了当地的产业升级与经济发展，但是其耕地的复种指数却从 2000 年的 183.51% 下降至 2017 年的 100.21%，相应地，粮食总产量也从 2000 年的 1093.9 万吨下降至 2017 年的 513.4 万吨^②。鉴于该结果，从粮食安全的角度来讲，就地城镇化可能并不是一种合适的发展方式。因此，在推进就地城镇化的过程中应重点关注城乡间要素的配置问题，尽量减小对耕地以及粮食安全的冲击。

表 5 就地城镇化影响耕地压力的估计结果

	系数	聚类稳健标准误	系数	聚类稳健标准误
就地城镇化	1.2170**	0.5500	0.8929**	0.3935
产业结构	—	—	-0.8368	1.4421
农民收入	—	—	-1.4786***	0.3218
化肥投入	—	—	-0.0171***	0.0062
机械投入	—	—	0.2004	0.3189
成灾面积	—	—	1.0023***	0.1578
灌溉水平	—	—	-1.3311**	0.5873
农药投入	—	—	-1.1701	1.5105
常数项	1.5274***	0.0764	13.5736***	3.1016
个体固定效应		YES		YES
时间固定效应		YES		YES
Hausman 检验 P 值		0.0988		0.0002
时间效应检验 P 值		0.0113		0.0000
组内 R ²		0.2212		0.4561

^①计算方法为：土地城镇化的年均增长量（0.0002）乘以土地城镇化变量的系数（23.8232）。

^②中华人民共和国国家统计局（编）：《中国统计年鉴》（2001、2018），北京：中国统计出版社。

样本量	558	558
-----	-----	-----

注：*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。

六、稳健性检验

（一）工具变量估计^①

在考察人口城镇化对耕地压力带来的影响效应时可能面临着内生性问题，从而导致参数估计结果的有偏和不一致。具体分析来看，造成内生性问题的可能原因主要包括两个方面。一方面，耕地压力与人口城镇化有可能存在双向因果关系。一般来说，耕地压力较小的地区农业的边际产出较高，农户可以获取较高的农业经营性收入，因此农户向城市流动将面临较高的机会成本，其转移的积极性也会降低。反之，耕地压力较大则可能会促使农业劳动力向城市流动以规避农业生产风险，从而提高人口城镇化水平（罗翔等，2015）。另一方面，基准模型可能存在遗漏变量问题。一般而言，影响耕地压力的因素很多，尽管利用个体固定效应和时间固定效应可以控制一些不可观测因素的影响，但要控制所有的变量则面临很大的困难，这其中并不能排除有遗漏的变量可能与人口城镇化相关。

为了克服可能存在的内生性问题，本文尝试寻找人口城镇化的工具变量，并利用两阶段最小二乘法来估计人口城镇化对耕地压力的影响效应。具体而言，本文引入了美国国家地球物理数据中心公布的 DMSP/OLS 夜间灯光数据^②和达尔豪斯大学大气成分分析组（Atmospheric Composition Analysis Group）公布的 PM2.5 数据^③作为工具变量。

首先，DMSP/OLS 传感器主要采集夜间灯光、火光等产生的辐射信号，其稳定灯光数据中仅包含来自城市、乡镇等有持久光源场所发出的稳定灯光，可以准确监测人类活动（Pandey et al., 2013）。因此，从逻辑上来讲，DMSP/OLS 夜间灯光可能与人口城镇化相关，即满足工具变量的相关性条件。另外，DMSP/OLS 夜间灯光作为一种灯光监测并不会对耕地压力产生直接的影响，满足工具变量的外生性条件。

其次，本文引入 PM2.5 数据的理由如下。一是雾霾程度与人口城镇化密切相关（Han et al., 2014; Du et al., 2018）。雾霾主要是由燃煤、汽车尾气排放、垃圾焚烧以及石油化工等产生的可吸入颗粒物组成，对人体具有很大的危害性，从而可能会影响人口的流动与分布（童玉芬、王莹莹，2014），具体表现在由高霾城转移至低霾城或者由霾城转移至乡村等。二是雾霾与耕地压力不直接相关。由于雾霾严重区多集中在城市，而在农村地区则表现为轻霾或无霾，不会对耕地经营与粮食生产等活动造成影响。而且雾霾是一种空气中的微小颗粒物，对耕地生产能力的影 响也十分有限。

需要进一步说明的是，针对 DMSP/OLS 夜间灯光数据，在实际的应用中本文参考了 Liu et al.(2012)

^①本文也考虑了耕地压力与土地城镇化、就地城镇化之间可能存在内生性的问题，并分别利用土地城镇化和就地城镇化的一阶滞后项作为工具变量进行了回归。回归结果依然稳健，但此处不再报告结果。

^②参见 <https://www.ngdc.noaa.gov/>。

^③参见 http://fizz.phys.dal.ca/~atmos/martin/?page_id=140。

的研究，从传感器的固有差异、传感器性能衰减以及多传感器多年度差异方面对数据进行了校正。另外，由于 DMSP/OLS 夜间灯光数据只公布至 2013 年，同时本文只获取了 2000~2016 年中国 30 个省份（不包含西藏）的 PM2.5 数据，故此可用于实证分析的样本量为 420 个，其他各粮食功能区的样本量可依此计算。

本文利用两阶段最小二乘法（IV-2SLS）进行估计，表 6 报告了参数的估计结果。从工具变量的检验结果来看，在全国样本、主产区样本以及主销区样本的回归中，第一阶段弱工具变量检验的 F 值均大于通常的标准（即 F 值为 10），虽然产销平衡区样本回归的 F 值未严格达到标准，但也十分接近，在小样本情况下仍然可以接受。在考虑内生性的情况下，全国样本回归中人口城镇化显著且系数为负，即人口城镇化有助于减小耕地压力，而且与前文基准模型相比，系数大小有明显提高。从各粮食功能区样本来看，主产区样本和主销区样本的回归结果在系数方向上与固定效应模型的估计结果保持一致，而系数大小有了显著提高。尽管在产销平衡区样本的回归结果中人口城镇化变量的系数不再显著，但影响方向仍然与基准模型保持一致，总体上并不影响本文的研究结论。但为了确保研究结论的可靠性，本文将采用其他的方法做进一步的稳健性检验。

表 6 稳健性检验一：工具变量估计

	全国		主产区		主销区		产销平衡区	
	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段	第一阶段	第二阶段
人口城镇化	—	-2.9628*** (1.0264)	—	1.9739** (0.9657)	—	-8.3313** (4.1872)	—	-0.4928 (1.1450)
PM2.5	-0.0602*** (0.0200)	—	0.0086 (0.0122)	—	-0.0486* (0.0274)	—	-0.0910** (0.0364)	—
DMSP/OLS 夜间灯光	0.0102*** (0.0024)	—	0.0154*** (0.0020)	—	0.0020 (0.0027)	—	0.0100 (0.0232)	—
产业结构	-0.2591* (0.1526)	-2.7080*** (0.7656)	0.2993*** (0.0880)	-3.8510*** (0.8037)	0.3472 (0.2535)	-0.9547 (2.3367)	0.1918 (0.4367)	0.9664 (1.1781)
农民收入	-0.0458 (0.0569)	-1.8097*** (0.2713)	0.0456*** (0.0098)	-0.1582 (0.1012)	0.0641*** (0.0171)	1.1213*** (0.2936)	0.1280*** (0.0385)	-0.1011 (0.2130)
化肥投入	-0.0026*** (0.0008)	-0.0019 (0.0044)	-0.0019** (0.0009)	-0.0117 (0.0074)	0.0071*** (0.0008)	0.0691** (0.0281)	-0.0052** (0.0023)	-0.0026 (0.0096)
机械投入	-0.1824*** (0.0607)	-1.1572*** (0.3299)	0.2543*** (0.0448)	-0.4736 (0.4544)	-0.0671 (0.0662)	-0.9089* (0.5117)	-0.1691 (0.2746)	0.3676 (0.8367)
成灾面积	0.0494 (0.0320)	1.0225*** (0.1674)	-0.0178 (0.0230)	0.6230*** (0.1891)	-0.0171 (0.0443)	0.1650 (0.3507)	-0.0493 (0.0697)	0.9675*** (0.2186)
灌溉水平	0.0819 (0.0567)	-0.6132** (0.2883)	-0.0249 (0.0396)	-0.6090* (0.3221)	-0.1425** (0.0609)	-2.2399*** (0.7367)	-0.0275 (0.1871)	-0.1779 (0.5634)
农药投入	0.0761 (0.3053)	-1.5700 (1.5089)	0.6359*** (0.2308)	-3.2220 (2.0252)	-0.0309 (0.3958)	0.2629 (2.9408)	0.0962 (0.6871)	-2.8155 (2.1000)
常数项	0.1018 (0.4531)	16.9594*** (2.1151)	-0.3207*** (0.0863)	5.3043*** (0.7651)	-0.2826 (0.1825)	-3.7076* (2.1020)	-0.3543 (0.3195)	2.3897** (1.0699)

城镇化是否带来了耕地压力的增加？

个体固定效应	—	YES	—	YES	—	YES	—	YES
时间固定效应	—	YES	—	NO	—	NO	—	NO
组内 R ²	0.6133	0.2909	0.9061	0.3855	0.8651	0.1969	0.4041	0.3209
弱工具变量检验 F 值	26.53	—	171.49	—	58.44	—	9.12	—
样本量	420		182		98		140	

注：①*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平；②括号内数值为标准误。

（二）变更被解释变量

初始的耕地压力指数，对人均粮食需求量做了逐年递增的假定，这样处理可能会导致耕地压力指数受到主观性因素的干扰，从而影响估计结果的可靠性。为了解决这个问题，本节只关注粮食生产量与粮食消费量这两个客观信息——如果粮食生产量能够满足粮食消费量，那么从粮食安全的角度来讲，耕地所面临的压力越小；反之，耕地压力则越大。具体而言，本文设置了“粮食消费量/粮食生产量”指标^①，并以此作为被解释变量对人口城镇化进行回归，估计结果如表 7 所示。从模型估计结果来看，全国样本的人口城镇化显著降低了“粮食消费量/粮食生产量”，粮食主销区和产销平衡区的人口城镇化对“粮食消费量/粮食生产量”表现出相同方向的影响效应，但粮食主产区的人口城镇化则表现为显著的正向影响。这意味着至少从作用方向上来讲，使用与耕地压力指数相近的指标仍然能够得出较为一致的研究结论，即整体上基准模型的估计结果是稳健可靠的。

表 7 稳健性检验二：变更被解释变量

	全国	主产区	主销区	产销平衡区
人口城镇化	-0.8018* (0.3987)	0.1741* (0.1001)	-0.9018*** (0.1759)	-0.2788* (0.1608)
产业结构	-0.7488 (1.0834)	-0.3480 (0.2470)	-0.7309 (0.4950)	-1.9853*** (0.5503)
农民收入	-2.0934*** (0.3680)	-0.0321 (0.0264)	0.5492*** (0.1944)	-0.0292 (0.0404)
化肥投入	-0.0366*** (0.0047)	-0.0031 (0.0022)	0.0564*** (0.0128)	-0.0054* (0.0031)
机械投入	-1.3717*** (0.2581)	0.0573 (0.0996)	-0.8401*** (0.1231)	0.0051 (0.0999)
成灾面积	0.6736** (0.2688)	0.2342*** (0.0728)	0.7210 (0.9299)	0.1495 (0.1133)
灌溉水平	-2.2939*** (0.3939)	-0.2587** (0.1125)	-6.0750*** (1.0725)	-0.9021*** (0.2557)
农药投入	-1.3998 (2.2307)	1.5824** (0.6603)	-1.4187* (0.8174)	1.0330 (0.9726)
常数项	18.1046*** (2.7357)	1.0583*** (0.2080)	8.9076*** (3.3744)	0.1296 (0.3638)
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
时间固定效应	YES	NO	NO	NO
Hausman 检验 P 值	0.0000	0.0315	0.0000	0.0000
时间效应检验 P 值	0.0000	—	—	—
组内 R ²	0.2922	0.3532	0.5679	0.2257
样本量	558	234	126	198

注：①*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平；②括号内数字为省级层面的聚类稳健标准误。

^①此处感谢审稿专家的建议。

（三）非参数估计

一般而言，参数估计结果的准确性依赖于参数形式的正确设定，但通常情况下并不能准确地知道参数模型是否被“正确设定”，而一旦误设将会导致严重的“设定误差”。例如，如果耕地压力与人口城镇化存在非线性关系，那么按照本文的方法将其设定为线性方程可能会面临较大的误差。而非参数方法则不需要事先预设变量分布的函数形式，相较于参数模型具有更大的灵活性，从而可以有效避免参数设定错误所带来的严重后果（参见 Racine, 2008）。鉴于此，本节参考周先波、盛华梅（2008）的做法，利用非参数估计方法对基准模型做进一步的稳健性检验。具体而言，本文基于 Stata15.1，使用交叉核实法（Cross-validation）选择最优带宽，采用 Epanechnikov 核函数的局部线性估计方法对基准模型的估计结果进行检验，表 8 报告了相关参数的估计结果。无论是全国样本还是各粮食功能区样本，非参数估计结果与前文的参数估计结果在方向上完全吻合，仅在系数大小和显著性上略有差异（见表 8）。据此，本文认为，人口城镇化对耕地压力的影响效应具有一定的稳健性，并非是特定估计方法的选择而产生的偶然结果。

表 8 稳健性检验三：非参数估计

	全国	主产区	主销区	产销平衡区
人口城镇化	-0.2034** (0.0920)	1.8217*** (0.6537)	-0.1535* (0.0853)	-0.6179** (0.3081)
产业结构	-3.0763*** (0.7422)	-1.4841 (1.7962)	2.9236** (1.2584)	-8.0167*** (2.4997)
农民收入	-0.1913** (0.0846)	-0.2289*** (0.0852)	-0.3400*** (0.0551)	-0.6532*** (0.1907)
化肥投入	-0.0282*** (0.0039)	-0.0271*** (0.0036)	-0.0133*** (0.0033)	-0.0418*** (0.0138)
机械投入	-1.9243*** (0.2404)	-0.5425*** (0.1388)	0.3528 (0.2952)	-3.2074*** (0.7163)
成灾面积	0.9677** (0.4839)	1.4906*** (0.4986)	0.5668** (0.2699)	0.8938** (0.4064)
灌溉水平	-2.1278*** (0.1858)	-0.6720*** (0.1384)	-0.9779*** (0.3325)	-2.4190*** (0.7796)
农药投入	1.8048** (0.7770)	0.2850 (2.6376)	2.0450 (2.1163)	7.1573 (6.0164)
R ²	0.8214	0.9499	0.9327	0.8697
样本量	558	234	126	198

注：①*、**、***分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平；②括号内数字为 Bootstrap500 次的标准误。

七、结论与政策启示

本文基于 2000~2017 年中国 31 个省（区、市）的面板数据，从粮食安全的角度测算出全国和各粮食功能区的耕地压力指数，并利用固定效应模型分别估计了人口城镇化、土地城镇化以及就地城镇化对耕地压力的影响效应。本文研究得出如下结论。

第一，从粮食安全的角度来讲，样本考察期内中国面临着中轻程度的耕地压力，粮食的供给与需求尚未实现很好的匹配，粮食安全仍然处于紧平衡状态。第二，各粮食功能区的耕地压力表现出不同的特点。其中，主产区处于安全压力区，且呈现缓慢下降的趋势；主销区处在高度压力区，并且表现出持续且快速的增长态势；产销平衡区则面临中高程度的耕地压力。第三，总体上，人口城镇化的发展并没有带来耕地压力的增加，反而具有显著的缓解作用。从粮食功能区细分来看，粮食主销区和产

销平衡区的人口城镇化对耕地压力具有显著的负向影响，但粮食主产区的人口城镇化则带来了耕地压力的显著增加。第四，与人口城镇化的影响效应不同，土地城镇化和就地城镇化均带来耕地压力的显著增加，从而可能会对中国的粮食安全形成挑战。

基于以上结论，本文提出如下政策启示。一是做好人口城镇化过程中的农业社会化服务工作，在农业劳动力短缺时提供必要的生产性服务，补齐劳动力投入的短板，确保种植结构顺利调整以及粮地粮用、农地农用，避免弃种抛荒。二是应规避土地城镇化的粗放与低效发展问题，发挥城镇化对土地的集约利用优势，并做好城市内部存量建设用地的挖掘工作。三是应关注就地城镇化增加耕地压力的问题，落实土地用途管制、基本农田保护以及土地利用总体规划等措施，规避就地城镇化无序扩张和对农村产业冲击所带来的耕地数量和质量的负面影响。四是落实城镇化发展过程中土地占补平衡政策，杜绝“占优补劣、占多补少”行为，同时通过对农田、水渠、道路以及村庄等的重新调整和布局来改善耕地的生态环境，提高耕地的利用效率和粮食产能。

参考文献

1. 蔡运龙、傅泽强、戴尔阜，2002：《区域最小人均耕地面积与耕地资源调控》，《地理学报》第2期。
2. 蔡昉，2008：《刘易斯转折点后的农业发展政策选择》，《中国农村经济》第8期。
3. 封志明，2007：《中国未来人口发展的粮食安全与耕地保障》，《人口研究》第2期。
4. 甘彩红、李阳兵、邵景安、王永艳，2014：《三峡库区腹地县域耕地压力研究——以奉节县27个乡镇为例》，《资源科学》第7期。
5. 高延雷、张正岩、魏素豪、王志刚，2019：《城镇化对中国粮食安全的影响——基于省区面板数据的实证分析》，《资源科学》第8期。
6. 国务院发展研究中心和世界银行联合课题组，2014：《中国：推进高效、包容、可持续的城镇化》，《管理世界》第4期。
7. 季建林，2001：《当前我国农村经济的主要问题与出路》，《经济理论与经济管理》第1期。
8. 罗翔、罗静、张路，2015：《耕地压力与中国城镇化——基于地理差异的实证研究》，《中国人口科学》第4期。
9. 罗翔、张路、朱媛媛，2016：《基于耕地压力指数的中国粮食安全》，《中国农村经济》第2期。
10. 罗必良，2014：《农业经营制度的理论轨迹及其方向创新：川省个案》，《改革》第2期。
11. 罗必良、张露、仇童伟，2018：《小农的种粮逻辑——40年来中国农业种植结构的转变与未来策略》，《南方经济》第8期。
12. 刘守英，2013：《中国的农业转型与政策选择》，《行政管理改革》第12期。
13. 马晓河、蓝海涛、黄汉权，2005：《工业反哺农业的国际经验及我国的政策调整思路》，《管理世界》第7期。
14. 钱龙、洪名勇，2016：《非农就业、土地流转与农业生产效率变化——基于CFPS的实证分析》，《中国农村经济》第12期。
15. 宋小青、欧阳竹，2012：《1999~2007年中国粮食安全的关键影响因素》，《地理学报》第6期。
16. 童玉芬、王莹莹，2014：《中国城市人口与雾霾：相互作用机制路径分析》，《北京社会科学》第5期。

- 17.谭术魁、张路、齐睿，2012：《基于系统动力学的区域耕地压力指数研究》，《自然资源学报》第5期。
- 18.王国刚，2010：《城镇化：中国经济发展方式转变的重心所在》，《经济研究》第12期。
- 19.项继权、周长友，2017：《“新三农”问题的演变与政策选择》，《中国农村经济》第10期。
- 20.徐建国、张勋，2016：《农业生产率进步、劳动力转移与工农业联动发展》，《管理世界》第7期。
- 21.朱莉芬、黄季焜，2007：《城镇化对耕地影响的研究》，《经济研究》第2期。
- 22.张慧、王洋，2017：《中国耕地压力的空间分异及社会经济因素影响——基于342个地级行政区的面板数据》，《地理研究》第4期。
- 23.周诚君，2013：《加快推进新型城镇化：对若干重大体制改革问题的认识与政策建议》，《中国社会科学》第7期。
- 24.周先波、盛华梅，2008：《信息化产出弹性的非参数估计分析》，《数量经济技术经济研究》第10期。
- 25.朱启臻、杨汇泉，2011：《谁在种地——对农业劳动力的调查与思考》，《中国农业大学学报（社会科学版）》第1期。
- 26.钟甫宁、陆五一、徐志刚，2016：《农村劳动力外出务工不利于粮食生产吗？——对农户要素替代与种植结构调整行为及约束条件的解析》，《中国农村经济》第7期。
- 27.Amour, C. B., F. Reitsma, and G. Baiocchi, 2017, “Future Urban Land Expansion and Implications for Global Croplands”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(34): 8939-8944.
- 28.Challinor, A. J., J. Watson, D. B. Lobell, S. M. Howden, D. R. Smith, and N. Chhetri, 2014, “A Meta-analysis of Crop Yield Under Climate Change and Adaptation”, *Nature Climate Change*, 4(3): 287-291.
- 29.Conceicao, P., S. Levine, M. Lipton, and A. W. Rodriguez, 2016, “Toward a Food Secure Future: Ensuring Food Security for Sustainable Human Development in Sub-Saharan Africa”, *Food Policy*, 60(4): 1-9.
- 30.Damon, A. L., 2010, “Agricultural Land Use and Asset Accumulation in Migrant Households: The Case of El Salvador”, *Journal of Development Studies*, 46(1): 162-189.
- 31.Dumanski, J., and C. Pieri, 2000, “Land Quality Indicators: Research Plan”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81(2): 93-102.
- 32.Deng, X. Z., J. K. Huang, S. Rozelle, J. P. Zhang, and Z. H. Li, 2015, “Impact of Urbanization on Cultivated Land Changes in China”, *Land Use Policy*, 45(5): 1-7.
- 33.Du, Y. Y., T. S. Sun, J. Peng, K. Fang, Y. X. Liu, Y. Yang, and Y. L. Wang, 2018, “Direct and Spillover Effects of Urbanization on PM2.5 Concentrations in China’s Top Three Urban Agglomerations”, *Journal of Cleaner Production*, 190(7): 72-83.
- 34.Daniels, T. L., 1991, “The Purchase of Development Rights: Preserving Agricultural Land and Open Space”, *Journal of the American Planning Association*, 57(4): 421-431.
- 35.Flannery, M. J., and K. P. Rangan, 2006, “Partial Adjustment Toward Target Capital Structures”, *Journal of Financial Economics*, 79(3): 469-506.
- 36.Gerbens-Leenes, P. W., and S. Nonhebel, 2002, “Consumption Patterns and Their Effect on Land Required for Food”, *Ecological Economics*, 42(1-2): 185-199.

- 37.Headey, D., and T. S. Jayne, 2014, "Adaptation to Land Constraints: Is Africa Different?", *Food Policy*, 48(10): 18-33.
- 38.Han, L. J., W. Q. Zhou, W. F. Li, and L. Li, 2014, "Impact of Urbanization Level on Urban Air Quality: A Case of Fine Particles (PM2.5) in Chinese Cities", *Environmental Pollution*, 194(11): 163-170.
- 39.Huang, J., L. Zhu, X. Deng, and S. Rozelle, 2005, "Cultivated Land Changes in China: The Impacts of Urbanization and Industrialization", *Remote Sensing and Modeling of Ecosystems for Sustainability*, 9(9): 1-15.
- 40.Jiang, L., X. Deng, and K. C. Seto, 2013, "The Impact of Urban Expansion on Agricultural Land Use Intensity in China", *Land Use Policy*, 35(11): 33-39.
- 41.Jayne, T. S., J. Chamberlin, and D. D. Headey, 2014, "Land Pressures, the Evolution of Farming Systems, and Development Strategies in Africa: A Synthesis", *Food Policy*, 48(10): 1-17.
- 42.Kastner, T., M. J. L. Rivas, W. Koch, and S. Nonhebel, 2012, "Global Changes in Diets and the Consequences for Land Requirements for Food", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(18): 6868-6872.
- 43.Lin, G. C. S., and S. P. S. Ho, 2003, "China's Land Resources and Land-Use Change: Insights from the 1996 Land Survey", *Land Use Policy*, 20(2): 87-107.
- 44.Liu, Z. F., C. Y. He, and Q. F. Zhang, 2012, "Extracting the Dynamics of Urban Expansion in China Using DMSP-OLS Nighttime Light Data from 1992 to 2008", *Landscape and Urban Planning*, 106(1): 62-72.
- 45.Mascarenhas, A., D. Haase, T. B. Ramos, and R. Santos, 2019, "Pathways of Demographic and Urban Development and Their Effects on Land Take and Ecosystem Services: The Case of Lisbon Metropolitan Area, Portugal", *Land Use Policy*, 82(3): 181-194.
- 46.Markus, B., 2012, "Economic Growth, Size of the Agricultural Sector and Urbanization in Africa", *Journal of Urban Economics*, 71(1): 26-36.
- 47.Pingali, P., 2007, "Westernization of Asian Diets and the Transformation of Food Systems: Implications for Research and Policy", *Food Policy*, 32(3): 281-298.
- 48.Pandey, B., P. K. Joshi, and K. C. Seto, 2013, "Monitoring Urbanization Dynamics in India Using DMSP/OLS Night Time Lights and SPOT-VGT Data", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 23(8): 49-61.
- 49.Racine, J. S., 2008, *Nonparametric Econometrics: A Primer*, Hanover: Now Publishers Inc.
- 50.Rimal, B., 2013, "Urbanization and the Decline of Agricultural Land in Pokhara Sub-Metropolitan City, Nepal", *Journal of Agricultural Science*, 5(1): 54-65.
- 51.Su, M., R. Z. Guo, and W. Y. Hong, 2019, "Institutional Transition and Implementation Path for Cultivated Land Protection in Highly Urbanized Regions: A Case Study of Shenzhen, China", *Land Use Policy*, 81(2): 493-501.
- 52.Sassi, M., and A. Cardaci, 2013, "Impact of Rainfall Pattern on Cereal Market and Food Security in Sudan: Stochastic Approach and CGE Model", *Food Policy*, 43(12): 321-331.
- 53.Skog, K. L., and M. Steinnes, 2016, "How Do Centrality, Population Growth and Urban Sprawl Impact Farmland Conversion in Norway?", *Land Use Policy*, 59(12): 185-196.
- 54.Song, X. Q., Z. Ouyang, Y. S. Li, and F. D. Li, 2012, "Cultivated Land Use Change in China, 1999-2007: Policy

Development Perspectives”, *Journal of Geographical Sciences*, 22(11): 1061-1078.

55. Skimmer, M. W., R. G. Kuhn, and A. E. Joseph, 2001, “Agricultural Land Protection in China: A Case Study of Local Governance in Zhejiang Province”, *Land Use Policy*, 18(4): 329-340.

56. Tan, M., X. Li, H. Xie, and C. Lu, 2005, “Urban Land Expansion and Arable Land Loss in China—A Case Study of Beijing–Tianjin–Hebei Region”, *Land Use Policy*, 22(3): 187-196.

(作者单位：中国人民大学农业与农村发展学院)

(责任编辑：黄 易)

Does Urbanization Increase the Pressure of Cultivated Land? Evidence Based on Interprovincial Panel Data in China

Gao Yanlei Wang Zhigang

Abstract: This article calculates the cultivated land pressure index from the perspective of food security following the Gerbens-Leenes’ idea of “virtual land”, and estimates the impacts of urbanization on cultivated land pressure in China as well as three grain functional areas by using the panel data of 31 provinces (districts and cities) in China from 2000 to 2017. The results show that, first of all, considering the relative quality of cultivated land, China’s cultivated land is facing certain pressure which is stable at a low level with moderate degree. Secondly, there exists regional heterogeneity with regard to the pressure of cultivated land. The pressure of cultivated land in major grain-producing areas has continued to decrease and entered into a safe pressure degree in 2016. The pressure of cultivated land in main grain distribution areas is at a high level and increasing continuously, and that in balanced production and marketing areas is stable at a moderately high level. Thirdly, at the national level, population urbanization has not brought about an increase in cultivated land pressure, but has a significant mitigating effect. From the perspective of the subdivision of grain functional areas, population urbanization has a significant negative impact on the cultivated land pressure in main marketing areas and balanced production and marketing areas, while it has a significant positive impact in major grain-producing areas. Fourthly, further investigation on different urbanization development modes finds that land urbanization and in-situ urbanization have brought about significant increase in cultivated land pressure. This article warns that attention should be paid to the impacts of urbanization on cultivated land pressure, especially the increase in cultivated land pressure caused by land urbanization and in-situ urbanization, as well as subsequent food security issues.

Key Words: Urbanization; Cultivated Land Pressure; Food Security; Cultivated Land Protection; Food Functional Area