

城镇化对耕地利用强度的影响及中介效应分析

祝伟 王瑞梅*

(中国农业大学 经济管理学院,北京 100083)

摘要 为探讨城镇化对耕地利用强度的影响及作用机制,利用31个省份(统计数据未含港、澳、台地区)1995—2018年的数据,分析城镇化对复种指数、化肥施用强度、粮食单产、种植业碳排放强度等4个耕地利用强度指标的影响,并对土地经营规模、城镇扩张、城镇人口、居民消费水平、城乡收入差距等因素进行中介效应分析。结果表明:1)城镇化对农业生产具有土地规模效应、劳动力替代效应和需求拉动效应,进而影响耕地利用强度。总体上,城镇化对化肥施用强度和粮食单产具有正向影响,对复种指数和种植业碳排放强度没有显著影响。2)城镇化有利于扩大土地经营规模,从而有利于提高复种指数,降低化肥施用强度和碳排放强度,同时不影响粮食单产;城镇化造成农业劳动力的相对稀缺,从而导致其他投入要素对劳动力的替代,以及复种指数的下降;居民消费水平的提高对各个耕地利用强度指标都产生正向影响。

关键词 城镇化;耕地;利用强度;中介效应

中图分类号 F323.2

文章编号 1007-4333(2021)04-0213-12

文献标志码 A

Effect of urbanization on agricultural land-use intensity and mediation analysis

ZHU Wei, WANG Ruimei*

(College of Economics and Management, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract To investigate the effect of urbanization on agricultural land-use intensity and its mechanism, using the data of 31 provinces (The data do not include those of Hong Kong, Macao and Taiwan regions) from 1995 to 2018, this study analyzes the impact of urbanization on four indicators of agricultural land-use intensity, including multiple cropping index, fertilizer use intensity, grain output per unit area, and carbon emission intensity of crop production, and analyzes the mediation effect of land scale, urban expansion, urban population, resident consumption level, and urban-rural income gap. The results show that: 1) Urbanization has land scale effect, labor substitution effect and demand pull effect on agricultural production, which in turn affects agricultural land-use intensity. In general, urbanization has a positive impact on fertilizer use intensity and grain yield per unit area, but has no significant impact on multiple crop index and carbon emission intensity. 2) Urbanization can promote the expansion of land scale, which can increase multiple cropping index, reduce fertilizer use intensity and carbon emission intensity, without affecting the grain yield. Urbanization causes the relative scarcity of agricultural labor force, which leads to the substitution of other inputs for labor force, and the decline of multiple cropping index. The increase in the level of residents' consumption has a positive impact on the four indicators of agricultural land-use intensity.

Keywords urbanization; agricultural land-use intensity; mediation analysis

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。耕地是保障国

家粮食安全的资源基础。长期以来,人多地少的国情使中国农业生产采取高投入、高产出模式,耕地长

收稿日期:2020-09-23

基金项目:国家社会科学基金重点项目(16AJY013)

第一作者:祝伟,博士研究生,E-mail:zhuwei365@126.com

通讯作者:王瑞梅,教授,主要从事农业资源环境经济理论与政策研究,E-mail:wangruimei@cau.edu.cn

期高强度、超负荷利用,造成质量状况堪忧、基础地力下降。耕地利用强度过大也会导致生态损害、环境污染和人畜的健康风险。随着中国经济的发展和新型城镇化的深入推进,还将有一些耕地被占用,而耕地后备资源不断减少,实现耕地占补平衡、占优补优的难度日趋加大,耕地利用强度面临进一步增加的压力。与此同时,农业劳动力向非农产业转移、居民消费结构加快升级、城市辐射带动农村的能力进一步增强等因素,都可能引致耕地利用强度的变化。由此可见,城镇化是影响耕地利用强度的重要因素。

已有研究对城镇化与耕地利用强度的关系进行了有益的探索。Jiang等^[1]发现城市扩张与复种指数呈负相关关系。Liu等^[2]发现农民外出务工与耕地利用强度之间呈N形曲线关系。蒋黎等^[3]指出城市化和工业化的进程显著降低了东部和西部地区的复种指数,而中部地区的复种指数受城市化影响不大。柯新利等^[4]指出城镇化对单位面积农业产值具有显著影响。You等^[5]发现城镇人口比重对耕地利用强度有正向影响。易家林等^[6]指出由于稀缺效应和资本效应相互抵消,城市扩张对耕地利用强度的影响不显著,工业总产值、机械投入和户均耕地面积对城市扩张的影响具有调节作用。关于耕地利用强度的评价,较多研究采用单一的耕地利用强度指标(如复种指数),也有研究采用建立指标体系的方法来综合评估耕地利用强度^[7],本研究借鉴后者的方法对城镇化与投入强度、产出强度、生态环境影响等多个维度衡量的耕地利用强度的关系进行分析。另一方面,城镇化带来的变化是多方面的,它通过多种路径影响耕地利用强度。已有研究对其作用机制进行了分析^[3-4,6],但较少通过数据进行验证。因此,本研究首先根据农业生产理论与已有文献,分析和归纳城镇化对不同的耕地利用强度指标的影响机制,进而运用中介效应分析方法对其影响机制进行检验。充分理解城镇化对耕地利用强度的影响机制,对于协调新型城镇化建设与耕地保护的关系具有现实意义。

1 理论框架

关于土地利用强度的定量分析,Erb等^[8]提出了完善的分析框架,即土地利用强度应包括3个维度:投入强度、产出强度和基于土地的生产所产生的系统影响。对于耕地利用强度来说,投入强度包括复种指数、化肥施用强度、农药施用强度等指标;产

出强度包括单位面积的作物产量和产值等指标;基于耕地的生产所产生的系统影响,例如碳排放和对生物多样性的损害等指标。根据舒尔茨^[9]的“理性小农”思想,农民的生产行为是理性的,他们可以根据生产成本和预期收益的变化对生产要素做出最优化的配置。根据单个农民的生产函数和投入要素需求函数可知,农产品产量和投入要素需求量都是农产品价格的增函数,是投入要素价格的减函数^[10]。对于中国来说,随着人口数量稳步上升、居民收入水平持续提高,人们对农产品的需求不断增加,而耕地资源总量基本保持不变。这就促使农业经营主体通过增加复种指数、增加单位面积的其他要素投入或改种经济作物等方式来应对市场需求增加的激励和耕地资源稀缺的约束,从而导致耕地利用强度不断提高。另一方面,农业生产中也存在规模经济和技术进步,即通过适度规模经营、应用新生产技术和新投入要素来提高单位面积的产出,提高其他投入品的利用效率,从而减轻耕地利用强度。

城镇化是现代化的必由之路,是解决农业农村农民问题的重要途径。改革开放以来,伴随着工业化进程加速,中国城镇化率从1978年的17.9%提升到2019年的60.60%。城镇化不仅是人口的迁移、劳动力的转移,还是产业结构的变化、消费群体和消费结构的变化、公共服务水平和社会文明程度的提升。城镇化带来的一些经济社会因素的变化与耕地利用强度的变化存在关联。前人对城镇化与农业生产之间的关系进行了丰富的研究,本研究通过对这些文献的梳理发现,城镇化可能通过以下途径影响耕地利用强度:①城镇化促进农业劳动力转移。第一产业就业人数已从1991年3.91亿的峰值减少到2019年的1.93亿,大量的青壮年农业劳动力进城务工,农业劳动力呈现老龄化^[11]。农业劳动力的减少对耕地利用强度有多方面的影响。其一,引致农业化学投入品、农业机械等要素对劳动力的替代^[12];其二,促进了新型农业经营主体和农业生产托管的发展,土地经营规模不断扩大,而土地经营规模对农业化学投入品的使用有负向影响^[13-15];其三,可能致使农民放弃区位偏远、零星分散地块的耕种,这种影响在人地矛盾尖锐,不利于机械化、规模化的区域表现得更为明显^[2,16-17]。②城镇化导致耕地被占用,高质量农田受到威胁^[18],从而强化了耕地资源的稀缺性。在耕地资源的约束下,农业经营主体将通过增加复种指数、增加单位面积的其他要素投

人等方式来获取收益^[6,19]。③城镇居民规模的迅速扩大,使得食物需求总量攀升,而且对蔬菜、水果、肉、蛋、奶类食物的需求增长更快^[20]。食物需求总量的升高与食物需求结构的变化,将激励农业经营主体增加农业化学品投入、提高复种指数或改种经济作物^[21]。④城镇化有利于提高居民收入水平和受教育水平,促进全社会食品安全观念提升,消费者

对无公害、绿色、有机农产品的需求增加,政府加大了对食品安全、农产品产地安全、农业资源与生态环境保护的监管力度,从而激励农业经营主体减少农业化学投入品使用^[19,22]。⑤城镇化可促进缩小城乡收入差距^[23],而城乡收入差距的缩小对减少农业化学投入有积极作用^[24]。城镇化影响耕地利用强度的机制如图 1 所示。

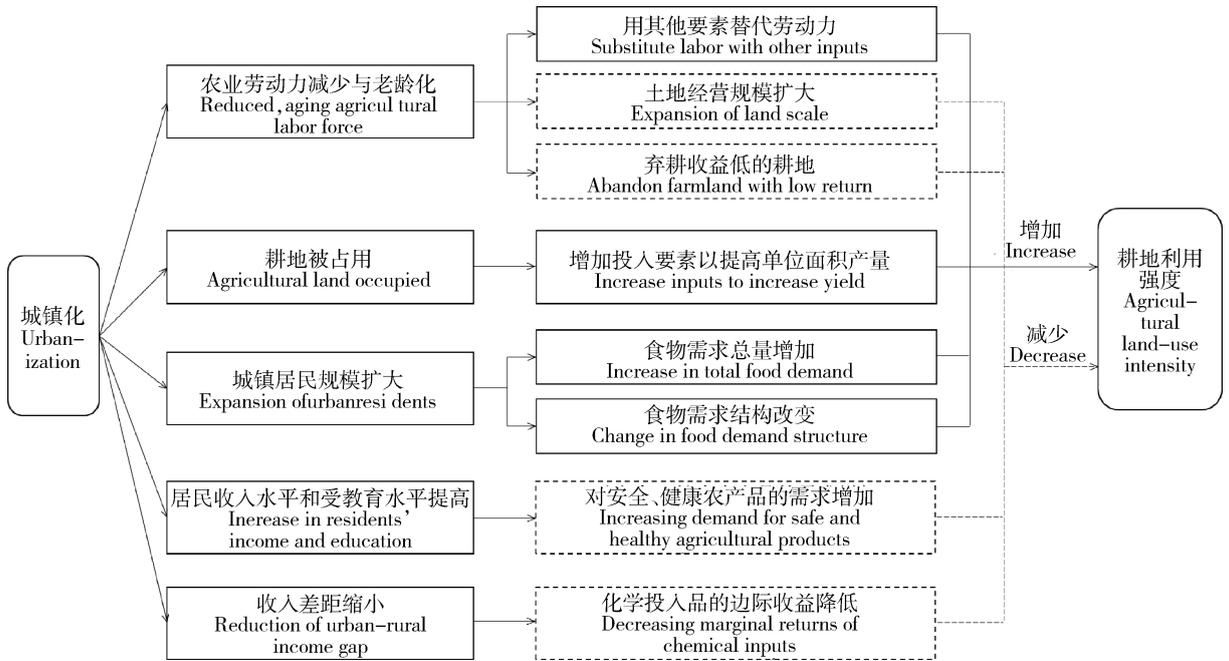


图 1 城镇化影响耕地利用强度的机制

Fig. 1 Mechanism of urbanization's effect on agricultural land-use intensity

2 变量定义与数据来源

根据 Erb 等^[8]提出的土地利用强度的分析框架,本研究通过 3 个维度的 4 个指标衡量耕地利用强度:①投入强度,以复种指数(农作物总播种面积与耕地面积的比值)和化肥施用强度(单位面积化肥施用量)衡量;②产出强度,以粮食单产(单位面积粮食产量)衡量;③生态环境影响,以种植业碳排放强度(单位面积碳排放)衡量。由于统计资料没有种植业碳排放数据,因此本研究基于已有研究^[25-27]对种植业碳排放进行测算。本研究测算的种植业碳排放的来源包括化肥、农药、农膜、柴油和灌溉所耗电能等直接或间接产生的二氧化碳(CO₂)和氧化亚氮(N₂O)排放,以及水稻种植中产生的甲烷(CH₄)排放。

本研究的核心解释变量为城镇化水平,以城镇

常住人口占总人口的比重来衡量。为探索城镇化对耕地利用强度的影响机制,选择第一产业劳均播种面积、城镇建成区面积、城镇常住人口、居民消费水平指数、城乡消费水平比作为中介变量进行中介效应检验。其中,第一产业劳均播种面积用来衡量平均的土地经营规模;城镇建成区面积用来衡量城镇扩张的强度;城镇常住人口用来捕捉城镇人口数量变化的影响;居民消费水平指数用来衡量居民消费能力;城乡消费水平比用来衡量城乡收入差距。

需要说明的是,本研究对城镇化水平、城镇建成区面积、城镇常住人口、居民消费水平指数、城乡消费水平比作滞后一期处理。这样处理主要是基于两方面的考虑:其一,农业经营主体主要依据上一年的市场情况作出生产决策;其二,如果采用当年数据进行回归分析将面临潜在的内生性问题,作滞后一期处理则可以减少潜在的内生性问题的影响^[28-29]。

为提高回归估计值获得因果解释的可能性以及提高模型的估计精度,本研究在模型中引入了相关的控制变量,包括:有效灌溉面积比重,用来控制技术进步的影 响;成灾面积比重,用来控制自然灾害的影响;粮食、蔬菜和果园面积的比重,用来控制种植品种结构变化的影响;农林水事务支出(用农业生产资料价格指数平减),用来控制政府对农支出的影响。

本研究将研究对象设定为全国 31 个省份(统计数据未含香港、澳门和台湾地区),样本考察期为 1995—2018 年,样本量为 744,数据为平衡的面板数据。所需数据来源于《中国统计年鉴》^[30]、《中国农业年鉴》^[31]和《中国农村统计年鉴》^[32]。变量描述性统计见表 1。

3 模型设定及检验

在前述分析及已有研究的基础上,本研究采用面板数据固定效应模型进行数据分析;为了消除异方差的影响、提高估计的准确度,选择对数形式的回归方程,模型设定如下:

$$\ln Y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln \text{Urban}_{it} + \sum \alpha_j Z_{ijt} + \theta_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

式中: i 和 t 分别表示第 i 个省份和第 t 年; Y_{it} 表示被解释变量,包括复种指数、化肥施用强度、粮食单产和种植业碳排放强度; Urban_{it} 表示城镇化水平; Z_{ijt} 表示控制变量,包括有效灌溉面积比重、成灾面积比重、粮食、蔬菜和果园面积的比重和农林水事务支出; θ_i 表示省份固定效应,这里主要指土地质量和降水、光照、气温等气候因素; α_0 、 α_1 、 α_j 为待估计的参数; ϵ_{it} 表示随机误差项。

为探索城镇化对耕地利用强度的影响机制,借鉴温忠麟等^[33]阐述的中介效应分析方法,本研究构建如下的中介效应模型对各个中介变量进行检验:

$$\ln M_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln \text{Urban}_{it} + \sum \beta_j Z_{ijt} + \theta_i + \epsilon_{2it} \quad (2)$$

$$\ln Y_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln \text{Urban}_{it} + \gamma_2 \ln M_{it} + \sum \gamma_j Z_{ijt} + \theta_i + \epsilon_{3it} \quad (3)$$

式中: M_{it} 表示中介变量,包括第一产业劳均播种面积、城镇建成区面积、城镇常驻人口、居民消费水平指数和城乡消费水平比; β_0 、 β_1 、 β_j 、 γ_0 、 γ_1 、 γ_2 、 γ_j 为待估计的参数; ϵ_{2it} 和 ϵ_{3it} 表示随机误差项;其他参数的含义与前述相同。

中介效应模型可以用来分析自变量对因变量影响的过程和作用机制。根据中介效应的定义^[33],式(1)~(3)的关系可用图 2 所示的示意图来表示。其中, α_1 为城镇化水平对耕地利用强度的总效应; β_1 为城镇化水平对中介变量的效应; γ_1 是在控制中介变量的影响后,城镇化水平对耕地利用强度的直接效应; γ_2 是在控制城镇化水平的影响后,中介变量对耕地利用强度的效应;中介效应等于系数乘积 $\beta_1 \gamma_2$ 。

本研究首先对式(1)进行豪斯曼检验(Hausman test),以判断选择固定效应模型还是随机效应模型;再进行组间异方差的沃尔德检验(Wald test),以判断是否存在组间异方差;最后进行组间同期相关的检验(Pesaran's test),以判断是否存在组间同期相关。每个耕地利用强度指标的检验结果都表明应采用固定效应模型,存在组间异方差,存在组间同期相关。因此,本研究采用组间异方差、组间同期相关稳健的标准误差的固定效应模型,即面板校正标准误差(Panel-Correction Standard Error, PCSE)的方法对模型进行估计。

4 结果与分析

4.1 城镇化对复种指数的影响

从估计结果(如表 2 所示)可以发现,城镇化水平的系数不显著(模型 1),这可能是由于城镇化对复种指数的正向作用和负向作用相互抵消从而导致总效应不显著。因此,再进行中介效应检验。中介变量对城镇化水平的回归结果如表 3 所示,可以发现回归系数都在 1% 的显著性水平上显著,城镇化对劳均播种面积、城镇建成区面积、城镇常驻人口、居民消费水平指数都具有显著的正向影响,而对城乡消费水平比具有显著的负向影响,与理论框架分析的预期一致。逐步检验和 Sobel 检验表明:劳均播种面积的中介效应显著(P 值为 0.000);城镇建成区面积的中介效应不显著(P 值为 0.180);城镇常驻人口的中介效应显著(P 值为 0.076);居民消费水平指数的中介效应显著(P 值为 0.057);城乡消费水平比的中介效应不显著(P 值为 0.712)。中介效应的分析结果表明:劳均播种面积对复种指数产生正向作用(模型 2);城镇建成区面积对复种指数没有显著影响(模型 3);城镇常驻人口对复种指数产生负向作用(模型 4);居民消费水平对复种指数产生正向作用(模型 5);城乡消费水平比对复种指数没有显著影响(模型 6)。

表 1 变量的描述性统计
Table 1 Descriptive statistics of variables

类别 Category	变量 Variables	代码 Symbol	均值 Mean	标准差 SD	最小值 Min.	最大值 Max.
被解释变量 Dependent variable	复种指数 Multiple crop index	MCI	1.331	0.481	0.492	4.212
	化肥施用强度(kg/hm ²) Fertilizer use intensity	Fert	285.601	95.099	68.058	585.751
	粮食单产(kg/hm ²) Grain yield	Yield	4 836.320	1 068.873	2 200.000	7 935.000
	碳排放强度(kg/hm ²) Carbon emission intensity	Em	1 824.404	1 081.819	182.457	4 534.087
核心解释变量 Main explanatory variable	城镇化水平 Urbanization rate	Urban	0.466	0.165	0.160	0.896
	劳均播种面积(hm ² /人) Cropping area per labor	Scale	0.600	0.295	0.151	2.139
中介变量 Mediating variables	城镇建成区面积(km ²) Urban built-up area	Uarea	1 158.679	972.139	68.990	6 036.260
	城镇常驻人口(万人) Urban population	Upop	1 914.159	1 376.026	38.480	8 021.620
	居民消费水平指数 Resident consumption level index	Income	407.634	284.585	106.781	1732.132
	城乡消费水平比 Urban-rural consumption level ratio	Ineq	2.931	0.778	1.500	8.900
	有效灌溉面积比重 Proportion of effective irrigation area	Irri	0.406	0.179	0.127	1.057
控制变量 Control variables	成灾面积比重 Proportion of disaster area	Disa	0.137	0.102	0.004	0.623
	粮食面积比重 Proportion of grain area	Grain	0.621	0.136	0.287	1.022
	蔬菜面积比重 Proportion of vegetable area	Vege	0.114	0.068	0.011	0.346
	果园面积比重 Proportion of fruit area	Fruit	0.070	0.057	0.001	0.309
	农林水事务支出(亿元) Agricultural expenditure	Expen	69.049	68.844	2.141	404.569

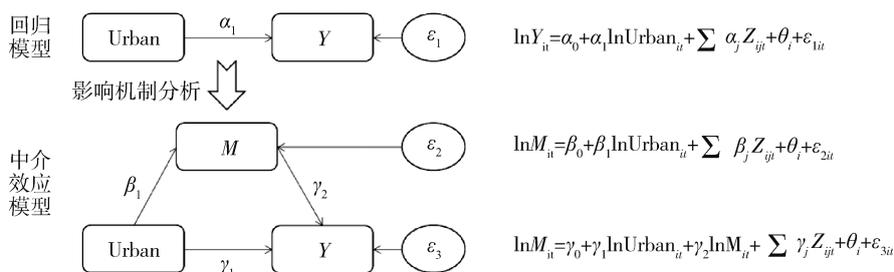


图2 中介效应模型示意图

Fig. 2 Schematic diagram of mediation effect model

表2 城镇化对复种指数的影响的估计结果

Table 2 Estimation results of impact of urbanization on the multiple cropping index

变量 Variables	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4	模型 5 Model 5	模型 6 Model 6	模型 7 Model 7
城镇化水平 Urban	-0.095	-0.297***	-0.155*	0.205	-0.234***	-0.096	-0.205
劳均播种面积 Scale		0.385***					0.329***
城镇建成区面积 Uarea			0.064				0.020
城镇常住人口 Upop				-0.358*			-0.232
居民消费水平指数 Income					0.112**		0.093
城乡消费水平比 Ineq						-0.028	0.045
控制变量 Control variables	Yes						
省份固定效应 Province fixed effect	Yes						
R ²	0.778	0.797	0.778	0.781	0.780	0.778	0.799

注:括号内的数值为稳健的标准误; *、**、*** 分别代表 10%、5%、1% 的显著性水平。下同。

Note: Robust standard errors appear in parentheses; asterisks *, **, and *** indicate significance at the 10%, 5%, and 1% levels, respectively. The same below.

表3 中介变量对城镇化水平的回归结果

Table 3 Regression results of mediating variables on urbanization

变量 Variables	劳均播种 面积 Scale	城镇建成 区面积 Uarea	城镇常住 人口 Upop	居民消费 水平指数 Income	城乡消费 水平比 Ineq
城镇化水平 Urban	0.524***	1.087***	0.868***	1.519***	-0.464***
控制变量 Control variables	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
省份固定效应 Province fixed effect	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R ²	0.915	0.968	0.995	0.869	0.582

4.2 城镇化对化肥施用强度的影响

从估计结果(如表 4 所示)可以发现,城镇化对化肥施用强度具有显著的正向影响(模型 1)。中介效应的逐步检验和 Sobel 检验表明:劳均播种面积的中

介效应显著(P 值为 0.000);城镇建成区面积的中介效应不显著(P 值为 0.363);城镇常驻人口的中介效应显著(P 值为 0.001);居民消费水平指数的中介效应显著(P 值为 0.013);城乡消费水平比的中介效应

显著(P 值为 0.058)。中介效应的分析结果表明：劳均播种面积对化肥施用强度产生负向作用(模型 2)，这与 Wu 等^[19]和高晶晶等^[34]的研究结论一致；城镇

建成区面积对化肥施用强度没有显著影响(模型 3)；城镇常住人口、居民消费水平指数和城乡消费水平比均对化肥施用强度产生正向作用(模型 4~6)。

表 4 城镇化对化肥施用强度的影响的估计结果

Table 4 Estimation results of impact of urbanization on intensity of fertilizer use

变量 Variables	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4	模型 5 Model 5	模型 6 Model 6	模型 7 Model 7
城镇化水平 Urban	0.252***	0.351***	0.276***	0.094*	0.141**	0.254***	0.316***
劳均播种面积 Scale		-0.190***					-0.228***
城镇建成区面积 Uarea			-0.026				-0.090***
城镇常住人口 Upop				0.188***			-0.119
居民消费水平指数 Income					0.089***		0.193***
城乡消费水平比 Ineq						0.088**	0.084**
控制变量 Control variables	Yes						
省份固定效应 Province fixed effect	Yes						
R^2	0.901	0.905	0.901	0.902	0.903	0.902	0.911

4.3 城镇化对粮食单产的影响

从估计结果(如表 5 所示)可以看出,城镇化对粮食单产具有显著的正向影响(模型 1)。中介效应的逐步检验和 Sobel 检验表明：劳均播种面积的中介效应不显著(P 值为 0.436)；城镇建成区面积的中介效应不显著(P 值为 0.163)；城镇常住人口的中介效应显著(P 值为 0.076)；居民

消费水平指数的中介效应显著(P 值为 0.000)；城乡消费水平比的中介效应不显著(P 值为 0.257)。中介效应的分析结果表明：劳均播种面积、城镇建成区面积、城乡消费水平比对粮食单产没有显著影响(模型 2、3、6)；城镇常住人口和居民消费水平对粮食单产产生正向作用(模型 4、5)。

表 5 城镇化对粮食单产的影响的估计结果

Table 5 Estimation results of impact of urbanization on grain yield

变量 Variables	模型 1 Model 1	模型 2 Model 2	模型 3 Model 3	模型 4 Model 4	模型 5 Model 5	模型 6 Model 6	模型 7 Model 7
城镇化水平 Urban	0.204***	0.197***	0.182***	0.138***	0.045	0.204***	0.098**
劳均播种面积 Scale		0.014					-0.024
城镇建成区面积 Uarea			0.024				-0.077***
城镇常住人口 Upop				0.079*			-0.026
居民消费水平指数 Income					0.128***		0.171***
城乡消费水平比 Ineq						-0.026	-0.010
控制变量 Control variables	Yes						
省份固定效应 Province fixed effect	Yes						
R^2	0.907	0.907	0.907	0.908	0.915	0.907	0.917

4.4 城镇化对种植业碳排放强度的影响

从估计结果(如表6所示)可以发现,城镇化对种植业碳排放强度没有显著影响(模型1)。中介效应的逐步检验和 Sobel 检验表明:劳均播种面积的中介效应显著(P 值为0.000);城镇建成区面积的中介效应显著(P 值为0.020);城镇常驻人口的中介效应不显著(P 值为0.330);居民消费水平指数的中介效应显著(P 值为0.008);城乡消费水平比

的中介效应不显著(P 值为0.575)。中介效应的分析结果表明:劳均播种面积对碳排放强度产生负向作用(模型2),规模经营可以提高农业投入品的利用效率,减少投入品使用强度,从而降低碳排放强度^[35];城镇建成区面积对碳排放强度产生负向作用(模型3);居民消费水平指数对碳排放强度产生正向作用(模型5);城镇常驻人口和城乡消费水平比对碳排放强度没有显著影响(模型4、6)。

表6 城镇化对碳排放强度的影响的估计结果

Table 6 Estimation results of impact of urbanization on carbon emission intensity

变量 Variables	模型1 Model 1	模型2 Model 2	模型3 Model 3	模型4 Model 4	模型5 Model 5	模型6 Model 6	模型7 Model 7
城镇化水平 Urban	-0.057	0.010	-0.002	-0.106*	-0.162**	-0.057	0.039
劳均播种面积 Scale		-0.129***					-0.179***
城镇建成区面积 Uarea			-0.060**				-0.136***
城镇常住人口 Upop				0.058			-0.145**
居民消费水平指数 Income					0.084***		0.198***
城乡消费水平比 Ineq						0.022	0.022
控制变量 Control variables	Yes						
省份固定效应 Province fixed effect	Yes						
R^2	0.976	0.977	0.976	0.976	0.977	0.976	0.978

4.5 不同耕地利用强度指标的对比分析

城镇化对不同耕地利用强度指标的影响对比如表7所示。可以看出,城镇化对不同耕地利用强度指标的影响存在差异。复种指数是已有研究采用较多的指标,其描述的是单位面积耕地一年几熟或几年几熟的种植方式以及投入生产的耕地比重,体现了耕地在时间和空间上的集约化利用^[36],但并不直接反映其他投入要素变化引起的耕地利用强度的变

化。虽然城镇化水平对复种指数没有显著影响,但对化肥施用强度有显著的正向影响。对粮食单产与种植业碳排放强度的分析同样可以从其他角度反映城镇化对耕地利用强度的影响。本研究对5个中介变量的分析,可以部分解释城镇化对耕地利用强度的影响。其中,劳均播种面积的作用值得关注,它不仅提高了复种指数,还降低了化肥施用强度和碳排放强度,同时不影响粮食单产,这体现了城镇化的土

表7 城镇化对不同耕地利用强度指标的影响对比

Table 7 Comparison of the impact of urbanization on different indicators

变量 Variables	复种指数 MCI	化肥施用强度 Fert	粮食单产 Yield	碳排放强度 Em
城镇化水平 Urban	无	正	正	无
劳均播种面积 Scale	正	负	无	负
城镇建成区面积 Uarea	无	无	无	负
城镇常住人口 Upop	负	正	正	无
居民消费水平指数 Income	正	正	正	正
城乡消费水平比 Ineq	无	正	无	无

地规模效应；城镇建成区面积对耕地利用强度的影响总体上不显著，这从侧面反映出“耕地占补平衡”政策的效果；农村人口向城镇迁移引起的农业劳动力缺乏，造成复种指数下降，以及其他投入要素对劳动力的替代，这体现出城镇化的劳动力替代效应；居民消费水平的提高对各个耕地利用强度指标都产生正向影响，这体现出城镇化的需求拉动效应；而城乡收入差距对耕地利用强度的影响总体上不显著。

4.6 区域差异分析

为考察区域差异对城镇化与耕地利用强度关系的影响，本研究将样本省份分为东部地区、中部和东北地区、西部地区三部分，分别应用上述方法进行分析，结果如表8所示。对复种指数来说，西部地区的城镇化具有负向影响，其他地区则不显著（模型1）；中介效应检验的结果表明各变量的中介效应呈现区域差异（模型2）。对化肥施用强度来说，东部地区的城镇化的影响最大，中部和东北地区次之，西部地区影响最小（模型3）；中介效应检验所体现的不同区域城镇化的作用机制差异很大（模型4），例如东部地区的城镇常驻人口对化肥施用强度有正向影响，而中部和东北地区的城镇常驻人口有负向影响，西部地区则不显著。对粮食单产来说，不同区域的城镇化的影响差异很小（模型5）；中介效应检验的结果表明存在区域差异（模型6）。对种植业碳排放强度来说，中部和东北地区的城镇化有正向影响，其他地区城镇化的影响则不显著（模型7）；其作用机制也呈现区域差异（模型8）。

5 结论与政策建议

5.1 结论

本研究基于全国31个省份1995—2018年的数据，实证研究城镇化对复种指数、化肥施用强度、粮食单产、种植业碳排放强度等4个耕地利用强度指标的影响，并探讨第一产业劳均播种面积、城镇建成区面积、城镇常驻人口、居民消费水平指数、城乡消费水平比的中介效应，结论如下：

1) 城镇化对农业生产具有土地规模效应、劳动力替代效应和需求拉动效应，进而影响耕地利用强度。城镇化对耕地利用强度的影响通过多种效应同时发生作用，其总效应是多种效应叠加后的最终呈现。总体上，城镇化对化肥施用强度和粮食单产具有正向影响，对复种指数和种植业碳排放强度没有显著影响。对不同区域的分析结果表明，城镇化对

耕地利用强度的影响及作用机制存在区域差异。

2) 运用中介效应模型进行分析有助于深入理解城镇化对耕地利用强度的影响机制。城镇化的土地规模效应显著，城镇化水平的提高有利于扩大土地经营规模，从而有利于提高复种指数，降低化肥施用强度和碳排放强度，同时不影响粮食单产。城镇化的劳动力替代效应显著，农业劳动力的相对稀缺导致其他投入要素对劳动力的替代，以及复种指数下降。城镇化的需求拉动效应显著，居民消费水平的提高对各个耕地利用强度指标都产生正向影响。城镇建成区面积对耕地利用强度的影响总体上不显著，但随着耕地后备资源不断减少，实现耕地占补平衡、占优补优的难度日趋加大，耕地利用强度面临进一步增加的压力。

由于数据的限制，本研究仅就上述5个中介变量的中介效应进行了检验，未能涵盖其他潜在的中介变量。而且本研究以省份为研究对象，其地理范围较大，可能影响结果的稳健性。通过获取更小的行政区划、更详细的数据加以分析，是下一步的研究方向。

5.2 政策建议

基于以上论述，在深入推进新型城镇化的背景下，为加强耕地数量、质量、生态“三位一体”保护，同时稳定粮食生产，本研究提出几点建议：

1) 在农业劳动力不断向非农产业转移的趋势下，通过鼓励土地经营权有序向新型农业经营主体流转、适度扩大经营规模，充分发挥城镇化的土地规模效应，可以抵消城镇化的劳动力替代效应，从而稳定种植面积和产量，同时降低农业化学品投入强度与碳排放强度。

2) 支持研发和推广适应小农生产、丘陵山区作业以及适应特色作物生产的高效专用农机，以农业机械化弥补农业劳动力的短缺。支持农机合作社、农业社会化服务组织等服务主体，通过构建覆盖全产业链的农业生产性服务体系解决农业劳动力短缺的问题。

3) 加强餐饮节约宣传教育，倡导合理、健康的饮食文化，加强餐饮法规制度、行业标准、服务规范等约束，坚决制止餐饮浪费行为，从而缓解城镇化对农产品的需求拉动效应。

4) 参照环境治理中的可交易排污许可证制度，积极推进建立跨地区补充耕地的机制，补充耕地能力严重不足的地区可以从耕地后备资源丰富的地区

表8 不同区域的城镇化对耕地利用强度的影响

Table 8 Impacts of urbanization on agricultural land-use intensity in different regions

变量 Variables	复种指数 MCI		化肥施用强度 Fert		粮食单产 Yield		碳排放强度 Em	
	模型1 Model 1	模型2 Model 2	模型3 Model 3	模型4 Model 4	模型5 Model 5	模型6 Model 6	模型7 Model 7	模型8 Model 8
东部地区 Eastern region								
城镇化水平 Urban	-0.175	-0.185	0.533***	0.567***	0.248***	0.191***	0.114	0.438***
劳均播种面积 Scale		0.416***		-0.199***		-0.046		-0.343***
城镇建成区面积 Uarea		-0.103		-0.284***		-0.182***		-0.104**
城镇常住人口 Upop		-0.346		0.479***		0.157**		-0.284***
居民消费水平 Income		0.152		0.019		0.149***		0.212***
城乡消费水平比 Ineq		0.509***		0.083		0.032		0.170***
中部和东北地区 Central and northeast region								
城镇化水平 Urban	0.041	0.217	0.353***	1.017***	0.205***	0.708***	0.210***	-0.100
劳均播种面积 Scale		0.092		-0.359***		-0.348***		-0.237***
城镇建成区面积 Uarea		0.465***		0.044		0.088*		0.010
城镇常住人口 Upop		-0.497*		-0.742***		-0.621**		0.351*
居民消费水平 Income		-0.090*		0.135***		0.123***		0.030
城乡消费水平比 Ineq		-0.053		-0.014		-0.103***		0.030
西部地区 Western region								
城镇化水平 Urban	-0.162*	-0.454	0.270***	-0.329*	0.220***	-0.379***	-0.076	-0.973***
劳均播种面积 Scale		0.726***		-0.445***		-0.049		-0.283***
城镇建成区面积 Uarea		-0.297***		0.160**		-0.065		-0.315***
城镇常住人口 Upop		-0.014		0.186		0.434***		0.968***
居民消费水平 Income		0.261***		0.347***		0.231***		0.360***
城乡消费水平比 Ineq		-0.044		0.213***		0.044**		-0.019

调剂补充耕地指标, 调剂收益用于耕地保护、土地整治、农业生产和农村经济社会发展, 从而实现帕累托改进。

参考文献 References

- [1] Jiang L, Deng X, Seto K C. The impact of urban expansion on agricultural land use intensity in China[J]. *Land Use Policy*, 2013, 35: 33-39
- [2] Liu G, Wang H, Cheng Y, Zheng B, Lu Z. The impact of rural out-migration on arable land use intensity: Evidence from mountain areas in Guangdong, China[J]. *Land Use Policy*, 2016, 59: 569-579
- [3] 蒋黎, 崔凯. 中国城市化、农业土地利用强度和空间格局的变化研究: 基于东、中、西部县域面板数据[J]. 农业技术经济, 2014(1): 56-64
Jiang L, Cui K. Research on urbanization, agricultural land use intensity and changes in spatial patterns in China: Based on panel data of eastern, central and western counties[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2014(1): 56-64 (in Chinese)
- [4] 柯新利, 祁凌云, 黄翔. 城镇化对农地利用强度的影响[J]. 华南农业大学学报: 社会科学版, 2015, 14(2): 20-26
Ke X L, Qi L Y, Huang X. Impact of urbanization on agricultural land use intensity[J]. *Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition*, 2015, 14(2): 20-26 (in Chinese)
- [5] You H, Hu X, Wu Y. Farmland use intensity changes in response to rural transition in Zhejiang Province, China[J]. *Land Use Policy*, 2018, 79: 350-361
- [6] 易家林, 郭杰, 欧名豪, 沈璐丹. 城市扩张与耕地利用强度: 工业发展与农户资源禀赋的调节效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(11): 56-64
Yi J L, Guo J, Ou M H, Shen L D. Urban expansion and arable land use intensity: adjustment effect of industrial development and farmers' resource endowment[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(11): 56-64 (in Chinese)
- [7] 牛家恒, 江丽, 陈鑫, 丁晨阳, 安萍莉. 耕地利用强度评价方法的县域休耕适用性: 以曲周县为例[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(7): 156-166
Niu J H, Jiang L, Chen X, Ding C Y, An P L. Fallow applicability of cropland use intensity assessment methods in county level: A case study of Quzhou County[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(7): 156-166 (in Chinese)
- [8] Erb K, Haberl H, Jepsen M R, Kuemmerle T, Lindner M, Müller D, Verburg P H, Reenberg A. A conceptual framework for analysing and measuring land-use intensity[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 464-470.
- [9] 舒尔茨. 改造传统农业[M]. 北京: 商务印书馆, 2017
Schultz T W. *Transforming Traditional Agriculture* [M]. Beijing: The Commercial Press, 2017 (in Chinese)
- [10] Mundlak Y. Chapter 1 Production and supply [M]. In: Gardner B L, Rausser G C, eds. *Handbook of Agricultural Economics*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 2001: 3-85
- [11] 向晶, 钟甫宁. 农村人口转移、工业化和城镇化[J]. 农业经济问题, 2018(12): 51-56
Xiang J, Zhong F N. Rural population transfer, industrialization and urbanization[J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2018(12): 51-56 (in Chinese)
- [12] 胡浩, 杨泳冰. 要素替代视角下农户化肥施用研究: 基于全国农村固定观察点农户数据[J]. 农业技术经济, 2015(3): 84-91
Hu H, Yang Y B. Research on farmers' chemical fertilizer application from the perspective of factor substitution: Based on farmers' data from fixed observation points in rural China [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015(3): 84-91 (in Chinese)
- [13] Wu Y, Xi X, Tang X, Luo D, Gu B, Lam S K, Vitousek P M, Chen D. Policy distortions, farm size, and the overuse of agricultural chemicals in China [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2018, 115(27): 7010-7015
- [14] 张露, 罗必良. 农业减量化: 农户经营的规模逻辑及其证据[J]. 中国农村经济, 2020(2): 81-99
Zhang L, Luo B L. Agricultural chemical reduction: The logic and evidence based on farmland operation scale of households [J]. *Chinese Rural Economy*, 2020(2): 81-99 (in Chinese)
- [15] Zhu W, Wang R. Impact of farm size on intensity of pesticide use: Evidence from China [J]. *Science of The Total Environment*, 2021 (753): <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141696>
- [16] 谢花林, 刘桂英. 1998—2012年中国耕地复种指数时空差异及动因[J]. 地理学报, 2015, 70(4): 604-614
Xie H L, Liu G Y. Spatiotemporal difference and determinants of multiple cropping index in China during 1998—2012[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(4): 604-614 (in Chinese)
- [17] 张佰林, 杨庆媛, 严燕, 薛梅, 苏康传, 臧波. 快速城镇化进程中不同类型农户弃耕特点及原因: 基于重庆市十区县 540 户农户调查[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2047-2054
Zhang B L, Yang Q Y, Yan Y, Xue M, Su K C, Zang B. Characteristics and reasons of different households' farming abandonment behavior in the process of rapid urbanization based on a survey from 540 households in 10 counties of Chongqing Municipality[J]. *Resources Science*, 2011, 33(11): 2047-2054 (in Chinese)
- [18] Wang C Y, Sun X F, Wang M, Wang J J, Ding Q F. Chinese cropland quality and its temporal and spatial changes due to urbanization in 2000—2015 [J]. *Journal of Resources and Ecology*, 2019, 10(2): 174-183
- [19] 张红凤, 姜琪, 吕杰. 经济增长与食品安全: 食品安全库兹涅茨曲线假说检验与政策启示[J]. 经济研究, 2019, 54(11): 180-194
Zhang H F, Jiang Q, Lv J. Economic growth and food safety:

- EKC hypothesis test and policy implications [J]. *Economic Research Journal*, 2019, 54(11): 180-194 (in Chinese)
- [20] 张少春, 闵师, 马瑞. 城市化、食物消费转型及其生态环境影响 [J]. 城市发展研究, 2018, 25(3): 13-20
Zhang S C, Min S, Ma R. Urbanization, food consumption transformation and its impact on ecological environment [J]. *Urban Development Studies*, 2018, 25(3): 13-20 (in Chinese)
- [21] 张卫峰, 季玥秀, 马骥, 王雁峰, 马文奇, 张福锁. 中国化肥消费需求影响因素及走势分析Ⅲ人口、经济、技术、政策 [J]. 资源科学, 2008(2): 213-220
Zhang W F, Ji Y X, Ma J, Wang Y F, Ma W Q, Zhang F S. An analysis on driving force of fertilizer demand of China Ⅲ population, economy, technology and policy [J]. *Resources Science*, 2008(2): 213-220 (in Chinese)
- [22] 栾健, 韩一军. 城镇化会加剧化肥面源污染吗: 基于门槛效应与空间溢出的双重视角 [J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(5): 174-186
Luan J, Han Y J. Does urbanization intensify chemical fertilizer non-point source pollution: Based on threshold effect and spatial spillovers [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(5): 174-186 (in Chinese)
- [23] 董洪梅, 章磷, 董大朋. 老工业基地产业结构升级、城镇化与城乡收入差距: 基于东北地区城市的实证分析 [J]. 农业技术经济, 2020(5): 107-118
Dong H M, Zhang L, Dong D P. Industrial restructuring, urbanization and urban-rural income gap in old industrial base [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2020(5): 107-118 (in Chinese)
- [24] 张超, 孙艺夺, 孙生阳, 胡瑞法. 城乡收入差距是否提高了农业化学品投入: 以农药施用为例 [J]. 中国农村经济, 2019(1): 96-111
Zhang C, Sun Y D, Sun S Y, Hu R F. Does the urban-rural income gap increase agricultural chemical input: A case study of pesticide use [J]. *Chinese Rural Economy*, 2019(1): 96-111 (in Chinese)
- [25] Wang Z, Chen J, Mao S, Han Y, Chen F, Zhang L, Li Y, Li C. Comparison of greenhouse gas emissions of chemical fertilizer types in China's crop production [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 141: 1267-1274
- [26] 李波, 张俊飏, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8): 80-86
Li B, Zhang J B, Li H P. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(8): 80-86 (in Chinese)
- [27] 田云, 张俊飏. 中国省级区域农业碳排放公平性研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(11): 36-44
Tian Y, Zhang J B. Fairness research of agricultural carbon emissions between provincial regions in China [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(11): 36-44 (in Chinese)
- [28] 周振, 张琛, 彭超, 孔祥智. 农业机械化与农民收入: 来自农机具购置补贴政策的证据 [J]. 中国农村经济, 2016(2): 68-82
Zhou Z, Zhang C, Peng C, Kong X Z. Agricultural mechanization and farmers' income: Evidence from subsidy policies for the purchase of agricultural machinery [J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(2): 68-82 (in Chinese)
- [29] 高延雷, 张正岩, 王志刚. 城镇化提高了农业机械化水平吗: 来自中国 31 个省(区、市)的面板证据 [J]. 经济经纬, 2020, 37(3): 37-44
Gao Y L, Zhang Z Y, Wang Z G. Does urbanization improve agricultural mechanization: Panel evidence from 31 provinces in China [J]. *Economic Survey*, 2020, 37(3): 37-44 (in Chinese)
- [30] 中国国家统计局. 中国统计年鉴, 1995—2018 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1995—2018
National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Statistical Yearbook, 1995—2018* [M]. Beijing: China Statistics Press, 1995—2018 (in Chinese)
- [31] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴, 1995—2018 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995—2018
Editorial Committee of China Agriculture Yearbook. *China Agriculture Yearbook, 1995—2018* [M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995—2018 (in Chinese)
- [32] 中国国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴, 1995—2018 [M]. 北京: 中国统计出版社, 1995—2018
Department of Rural Social and Economic Investigation of National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. *China Rural Statistical Yearbook, 1995—2018* [M]. Beijing: China Statistics Press, 1995—2018 (in Chinese)
- [33] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展 [J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745
Wen Z L, Ye B J. Analyses of mediating effects: The development of methods and models [J]. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(5): 731-745 (in Chinese)
- [34] 高晶晶, 彭超, 史清华. 中国化肥高用量与小农户的施肥行为研究: 基于 1995—2016 年全国农村固定观察点数据的发现 [J]. 管理世界, 2019, 35(10): 120-132
Gao J J, Peng C, Shi Q H. Study on the high chemical fertilizers consumption and fertilization behavior of small rural household in China: Discovery from 1995—2016 national fixed point survey data [J]. *Management World*, 2019, 35(10): 120-132 (in Chinese)
- [35] 张哲晰, 穆月英. 产业集聚能提高农业碳生产率吗 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 57-65
Zhang Z X, Mu Y Y. Can industrial agglomeration improve agricultural carbon productivity [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(7): 57-65 (in Chinese)
- [36] 左丽君, 张增祥, 董婷婷, 汪潇. 耕地复种指数研究的国内外进展 [J]. 自然资源学报, 2009, 24(3): 553-560
Zuo L J, Zhang Z X, Dong T T, Wang X. Progress in the research on the multiple cropping index [J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(3): 553-560 (in Chinese)