

农业机械化对农户主粮种植面积的影响

彭继权 张利国

(江西财经大学 经济学院,南昌 330013)

摘要 采用1 667个农户实地调查数据,运用内生变量归并模型(IVTobit)和无条件分位数回归(UQR)探究农业机械化对农户主粮种植面积的影响。结果表明:1)农业机械化对农户主粮种植面积存在显著的正向影响,但对不同类型主粮种植面积的影响有所差异,影响效果从大到小依次是马铃薯、水稻、玉米和小麦。2)农业机械化对不同类型主粮种植面积的影响存在规模报酬递增倾向,即农业机械化对不同类型主粮种植面积的影响随着分位点的提高而不断增加。3)从作用机制分析可知,农业机械是通过替代成本相对较高的农业劳动力,降低主粮生产成本,进而诱致农户扩大粮食种植面积。建议进一步培育具有国际竞争力的农机装备生产企业,深入推进地块“宜机化”改造,切实降低农机作业成本和增加主粮收益率,从而提高农户主粮种植积极性,保障国家粮食安全。

关键词 农业机械化; 农户; 主粮种植面积; 内生变量归并模型; 无条件分位数回归

中图分类号 F320

文章编号 1007-4333(2020)09-0227-12

文献标志码 A

Influence of agricultural machinery on the planting area of farmers' main grains

PENG Jiquan, ZHANG Liguo

(School of Economics, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang 330013, China)

Abstract To explore the impact of agricultural machinery on farmers' main grain acreage, 1 667 farmer field survey data are taking as study case, and the endogenous variable merging model (IVTobit) and unconditional quantile regression (UQR) are used. The results are as follows: 1) Agricultural mechanization has a significant positive impact on the area of staple food planted by farmers, but it has a different impact on the area of staple food planted by different types. The impacts in descending order are potato, rice, corn and wheat. 2) The impact of agricultural mechanization on the planting area of different types of staple grains has a tendency to increase in scale, and the impact of agricultural mechanization on the planting area of different types of staple grains increased with the increase of the quantile. 3) It is recommended to further cultivate agricultural machinery and equipment manufacturing enterprises with international competitiveness, and promote the "Appropriate mechanization" of the field further to effectively reduce the cost of agricultural machinery operations and increase the yield of staple food and increase the enthusiasm of farmers to grow staple food and ensure national food security.

Keywords agricultural mechanization; farmers; grain planting area; IV Tobit; unconditional quantile regression

粮食安全是影响国计民生、经济发展和社会稳定的关键方面^[1]。中国既是农业大国,也是人口大国,是世界上最大的粮食消费国之一。中国政府始

终把粮食安全作为治国理政的头等大事,十九大报告强调“确保国家粮食安全,把中国人的饭碗牢牢端在自己手中”。自2003—2015年,中国粮食产量实

收稿日期:2019-12-13

基金项目:教育部人文社科项目(20YJC790103);江西省教育厅科技研究项目(GJJ190282);江西省博士后科研项目(2019KY33);江西省教育科学“十三五”规划重点项目(20ZD026);南昌市社会科学“十三五”规划项目(YJ201906)

第一作者:彭继权,讲师,主要从事农户贫困与农村发展研究,E-mail:jiquan_wuhan@163.com

现“十二连增”，创造了中国乃至世界粮食生产奇迹。但是，随着中国工业化和城镇化进程的推进，耕地面积逐渐减少^[2]，加之人口持续增长和人民生活水平不断提高，中国的粮食安全仍然面临着巨大压力。影响粮食产量的首要方面就是粮食种植面积，研究如何稳定和提高粮食种植面积具有非常重要的现实意义^[3]。

目前，关于粮食种植面积方面已有大量研究，主要从国家政策、农户家庭特征、个人特征和市场经济因素等视角分析。刘克春^[4]发现粮食直接补贴和最低收购价政策能显著提高粮农种植积极性。王莉等^[5]发现农户种粮面积与粮价呈现出非常紧密的关系。洪自同等^[6]发现机械购置补贴政策对农户主粮种植面积有积极影响。陈艳红等^[7]发现家庭特征和个人特征是影响农户种粮意愿的重要方面。赵玉等^[8]认为农户的市场风险认知和粮食价格预期是影响粮农种植积极性的关键因素。王大伟等^[9]发现农业结构调整对粮食产量影响重大。金婷等^[10]研究了粮食最低收购价政策对小麦主产区生产的影响。

也有部分研究从农业机械角度探讨粮食生产的影响因素，王欧等^[11]发现农业机械投入增加能够有效减少农业劳动投入和增加粮食产量，但不同粮食品种的农业机械替代效应会存在时空差异。伍骏骞等^[12]发现农业机械化对粮食产量有空间溢出效应。还有学者探讨了农业机械对粮食种植面积和种植结构的影响，有一派学者倾向于农业机械能促进粮食种植面积增加的观点，郑旭媛等^[13]发现平原地区的农业机械对劳动力替代性更强，劳动成本上升会促进农户种植更多的粮食作物。钟甫宁等^[14]发现在适宜机械作业地区，外出务工会促进农户增加农业机械投入并提高粮食播种比例。罗必良等^[15]发现农机社会化服务会强化农户种植结构“趋粮化”；而另一派研究倾向于农业机械对粮食种植面积没有影响的观点，杨进等^[16]发现农业机械化服务不会增加粮食播种面积，上涨的农业机械费用反而会降低粮食播种面积。

由以上可知，研究粮食生产的数据逐步由宏观省级数据向微观农户数据转变，但研究结论尚不统一。其差异的原因可能如下：一是数据缺失导致已有研究对农业机械化程度的测度不够精准，目前大多采用农业机械相关指标来代替衡量农业机械化程度，例如，农业机械投入费用代替法^[13]、五分类农业机械使用量程度代替法^[15]、农户是否选择农机服务

的代替法^[16]，这些指标在一定程度上能够衡量农户的农业机械化程度，但与真实值相差甚远；二是微观农户数据更易导致计量模型内生性问题，且农业机械与粮食种植面积的强烈相关关系会加剧模型内生性；三是“马铃薯主粮化战略”刚提出不久，目前鲜有把马铃薯纳入主粮进行的研究，遗漏或缺失必然也会导致研究结果不精准。

农业机械究竟会如何影响农户粮食种植面积？其作用机制是什么？这一科学回答对中国农业机械发展和国家粮食安全至关重要。基于此，本研究尝试运用1667个农户实地调查数据，采用农业农村部对农业机械化水平的测度指标和方法，选用两步最优广义距模型(IVGMM)和内生变量归并模型(IVTobit)在消除农业机械化和粮食种植面积之间内生性的基础上，准确估计农业机械化对农户主粮种植面积的影响；并进一步运用无条件分位数回归(UQR)考察农业机械化对不同分位数主粮种植面积的影响，再分主粮类型探究其影响的异质性；最后，从农业机械替代效益角度厘清农业机械化对粮食种植面积的作用机制，以期为提升中国农业机械化水平和保障粮食种植面积提供政策依据。

1 理论分析

众多农业发达国家的经验表明农业机械是实现现代农业的重要生产要素之一，也是传统农业向现代农业转变的主要标志。农业机械对农业生产最直接的作用在于通过替代农业劳动力投入来提高农业生产效率，而农户是否选择使用农业机械需要满足一定的前提条件。一是农户为不耽误农业生产季节，在农忙时节使用机械替代劳动的可能性更大，且这种替代关系更多体现在运输和机耕等方面；二是当农业劳动力成本上涨和农业劳动力外流增加时，农业机械对农业劳动力的替代需求更加明显^[17]；三是农户是否决定采用农业机械替代劳动力，并不仅仅是基于其替代的可行性，而是更多考虑替代的生产效益，即农业机械替代农业劳动力是否会降低农业生产成本。一般而言，农户采用农业机械会影响农业机械费用和农业劳动力雇工费用，较少影响其他农业生产成本。因此，只有当农业机械费用低于农业劳动雇工费用时，农户才会选择使用农业机械替代农业劳动力^[18]。

由于不同种类农作物的农业机械作业条件不同，农业机械对不同农作物生产的影响势必有所差

异。农作物一般可以分为土地密集型的粮食作物和劳动密集型的经济作物。经济作物要比粮食作物的种类更多,生产规模小、分布零散,且生产过程繁复、技术要求较高,对应的专业农机发展较为缓慢。目前大多数经济作物仅在整地、植保和灌溉环节能够实现机械操作,但其机具的性能和质量还有待提升^[19]。劳动强度较大的播种、中耕管理和收获等环节的农业机械发展较不充分,且经济作物的农机使用成本一般较高,以上问题都制约农户在经济作物生产方面对农业机械的使用^[15]。与经济作物相比,粮食种植品种较少、种植规模大和农艺“标准化”等特点都适宜粮食作物采用机械作业,在粮食生产过程中使用农业机械有利于抗旱排涝、抢收抢种和病虫害防治等工作^[19]。农业机械深松整地功能也能较大程度提高土壤蓄水保墒能力,达到粮食作物保产增产效果。同时,农业机械能有效降低粮食生产后在脱粒、运输、烘干、贮存等环节的损失率,提高粮食作物的收益率^[20]。因此,粮食作物比经济作物在耕作上是更易被农户用机械替代劳动的农作物品种。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本研究数据来自于课题组2016年在湖北省的农户实地调查数据,调研地点包括英山县、蕲春县、沙市区、阳新县和老河口市等5个县(市、区)。采用随机抽样的方法,共调查1750户农户,剔除无效和未参与农业经营样本83份,本研究样本为1667份。

2.2 模型选择

2.2.1 基准模型构建

构建模型考察农业机械化对农户主粮种植面积的影响,式(1):

$$Y_i = \alpha_0 + \beta_0 x_i + \sum \gamma_i Z_i + \mu_i \quad (1)$$

式中: i 表示单个农户; Y_i 为农户主粮种植面积; x_i 为农业机械化,再选取农户农业机械投入额作为模型稳健性检验指标; Z 为控制变量; μ_i 是随机扰动项; α_0 、 β_0 、 γ_i 为待估参数。为了获得 β_0 的无偏估计量,必须解决式(1)估计中可能存在的内生性问题和样本选择偏误问题。

农业机械化与农户主粮种植面积之间可能存在互为因果的内生性关系。农业机械使用程度提高可

能会促进农户主粮种植面积,但也可能正是因为粮食种植面积提高迫使农户增加农业机械使用;再则,一些不可观测的村级社会经济特征也可能会影响到农户主粮种植面积,从而导致遗漏变量偏误。为解决内生性问题,拟采用工具变量法。式(1)中的内生性变量为 mechanization_i ,两步最优广义矩模型(IVGMM)估计的第一阶段回归如式(2)所示:

$$\text{mechanization}_i = \delta_1 W_i + \delta_2 Z_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

式中: W_i 是一组工具变量; ε_i 是随机误差项。模型中有2个工具变量,其一是家庭收入水平,农业机械使用需要一定的经济成本,家庭收入水平与农业机械使用有着较为密切的联系,而家庭收入水平一般不会直接影响农户种植粮食作物的决策,此变量满足工具变量外生性的基本条件;其二为家庭所在村是否有通组公路,农业机械能否进入村庄为农户使用农业机械的前提,且农户的田地一般分布在村民小组内,良好的通组公路更便于农户采用农业机械,而通组公路基本上是不会对农户种植粮食作物产生影响,本研究认为用是否有通组公路作为工具变量具有较强的可行性^[21]。由于工具变量数大于内生变量数,需要进行过度识别检验和弱工具变量检验。

本研究对象为有种植粮食作物的农户,理论上农户都有自己的承包土地,选择是否耕种土地、种植何种农作物主要取决于农户生计策略的选择类型。因此,如果仅用那些种植粮食作物的农户作为样本进行回归,会出现样本选择偏误问题。可以使用Tobit模型来解决以上问题,可以表示为:

$$Y_i^* = \alpha_0 + \beta_0 x_i + \sum \gamma_i Z_i + \mu_i \quad (3)$$

$$\begin{cases} Y_i = Y_i^*, & \text{if } Y_i^* > 0 \\ Y_i = 0, & \text{if } Y_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

为获得主模型式(1)中系数的无偏估计量,必须同时解决内生性问题和样本选择偏误问题,最终选择内生变量归并模型(IVTobit),估计步骤和方法如下:

第一步,利用所有农户样本,以 Y_i 为被解释变量,外生变量 Z_i 和 W_i 为解释变量,进行标准的Tobit回归,获得残差项 \hat{v}_i ,然后将其作为修正样本选择偏误的解释变量加入主模型式(1)中获得式(5):

$$Y_i = \alpha_0 + \beta_0 x_i + \sum \gamma_i Z_i + \beta_1 \hat{v}_i + \omega_i \quad (5)$$

第二步,利用被解释变量为非零值的农户样本,以 W_i 为工具变量对式(5)进行2SLS回归,由此可

以得到想要估计的参数。

2.2.2 机制检验模型构建

构建模型检验农业机械化对农户主粮种植面积的作用机制。从2个方面进行检验,一是检验农业机械化对农户主粮生产成本的影响,二是检验农业机械化对农户主粮生产时间的影响。

$$C_i = \alpha_1 + \beta_1 x_i + \sum \varphi_i H_i + \theta_i \quad (6)$$

$$T_i = \alpha_2 + \beta_2 x_i + \sum \tau_i H_i + \epsilon_i \quad (7)$$

式(6)和(7)中: C_i 为农户各类主粮种植成本; T_i 为农户各类主粮种植时间; x_i 为农业机械化; H_i 为控制变量; θ_i 和 ϵ_i 分别为2个模型的误差项。

2.3 变量选取

1)农业机械化。主要采用农业农村部对农业机械化水平的衡量标准,即农耕种收综合机械化率。测算方法是农户层面机耕率、机播率和机收率的加权平均值(权重分别为0.4、0.3、0.3),机耕率等于机耕面积除以应耕作面积,机播率等于机播面积除以农播面积,机收率等于机收面积除以实际收获面积,此指标更能反映农户层面的实际农业机械作业水平^[22]。

2)主粮种植面积。主粮包括小麦、水稻、玉米和马铃薯,主粮种植面积也就是这些作物种植面积的总和。主粮种植面积占比,即主粮作物种植面积与总种植面积的比值,选取各类主粮面积占比来验证农业机械化对主粮种植面积的异质性。各类农业生产成本,主要包括单位面积平均农业总成本、单位面积平均主粮成本、单位面积平均经济作物成本和单位面积平均主粮雇工成本。

3)各类农业生产时间。主要包括单位面积平均农业种植投入天数、单位面积平均主粮种植投入天数、单位面积平均经济作物种植投入天数和单位面积平均主粮种植雇工投入天数。

4)其他变量。模型中选取的控制变量有户主教育水平、劳动力占比、粮食价格、非农收入占比、土地流转、水源污染、地形特征、有效灌溉率、种植种类、复种指数、人均承包面积和气候极端变化,各变量的描述统计见表1。

3 实证检验与结果分析

3.1 农业机械化对农户主粮种植面积的模型估计

表2为农业机械化对农户主粮种植面积的估计结果,模型1~4分别采用的估计方法为OLS、

Tobit、2SLS、IVGMM,模型5~7采用的估计方法为IVTobit。各估计结果均显示农业机械化对农户主粮种植面积有显著的正向影响,使用农业机械投入额作为农业机械化的代理变量进行回归,结果依然稳健。农业机械化的OLS回归系数是0.116,且在1%的水平上显著。对模型中样本选择偏误修正后进行回归,农业机械化回归系数是0.189。对模型中内生性问题处理后进行回归,农业机械化的2SLS估计系数为0.342。工具变量冗余检验的结果显示家庭收入水平和是否有通组公路的P值分别为0.002和0.000,说明强烈拒绝原假设。弱工具变量检验的F统计值是115.63,完全满足Staiger等^[23]所建议的工具变量F检验统计值>10的经验规则。对工具变量更不敏感的“有限信息最大似然估计法”估计结果显示,农业机械化的系数估计值为0.341($P=0.000$),与表2中模型3的估计结果基本一致,说明工具变量并非弱工具变量。

另外,根据Stock等^[24]的方法,检验了工具变量的弱识别问题,Cragg-Donald Wald F统计值为89.57,远远大于统计检验的临界值19.93。对模型中样本选择偏误和内生性问题同时处理后回归,农业机械化的IVTobit估计系数为0.429,且在1%水平上显著。由模型1~5可知,采用OLS回归不能准确估计农业机械化对农户种植粮食面积的影响,对模型中样本选择偏误和内生性问题处理后回归,发现农业机械化每提高1%,农户主粮种植面积就提高0.429%。从其他变量的IVTobit回归结果可知,粮食价格对农户主粮种植面积会产生显著的正向影响,说明粮食市场价格会促进农户生产的积极性。非农收入占比对农户主粮种植面积会产生显著的负向影响,可能是家庭非农经营程度越高的农户,对土地的依赖性和投入意愿就越低。转出土地对农户主粮种植面积会产生显著的负向影响,这一回归结果与常识基本一致。

利用UQR回归对不同分位数上农户主粮种植面积的决定因素进行分析,结果见表3。农业机械化对农户主粮种植面积有显著的正向作用,且都在1%水平上显著。在5分位点上的估计系数最小,在95分位点上的估计系数最大,表明农业机械化对农户主粮种植面积的影响随着分位点的提高在不断增加。可能原因是农业机械能够有效缩短农业生产作业时间,降低雇工成本和其他农业种植成本,从而增

表1 变量定义与描述统计

Table 1 Variable definition and description statistics

变量 Variables	变量定义 Variables definition	均值 Mean	标准差 Variance
主粮种植面积 Food	主粮种植面积积极值化	0.486	1.135
水稻种植面积占比 Grain	水稻种植面积/总种植面积	0.386	0.818
小麦种植面积占比 Wheat	小麦种植面积/总种植面积	0.201	0.952
玉米种植面积占比 Corn	玉米种植面积/总种植面积	0.124	0.518
马铃薯种植面积占比 Potato	马铃薯种植面积/总种植面积	0.058	0.634
主粮种植面积占比 R_area	主粮种植面积/总种植面积	0.739	0.357
单位面积平均总成本取对数 Cost1	(总成本/种植面积)的对数	6.781	0.563
单位面积平均主粮成本 Cost2	(主粮成本/主粮种植面积)的对数	6.364	2.219
单位面积平均经济作物成本 Cost3	(经济作物成本/经济作物种植面积)的对数	7.298	1.024
单位面积平均主粮雇工成本 Cost4	(主粮雇工成本/主粮种植面积)的对数	5.387	0.751
单位面积平均农业种植投入天数/(d/hm ²) Time1	农业种植投入天数/农业种植面积	6.263	0.567
单位面积平均主粮种植投入天数/(d/hm ²) Time2	主粮种植投入天数/主粮种植面积	9.216	1.153
单位面积平均经济作物种植投入天数/(d/hm ²) Time3	经济作物种植投入天数/经济作物种植面积	5.327	0.217
单位面积平均主粮种植雇工天数/(d/hm ²) Time4	主粮种植雇工天数/主粮种植面积	0.843	0.221
农业机械化 Machine	(机耕率×0.4+机播率×0.3+机收率×0.3)/3	0.656	0.273
农业机械投入额 Invest	农户农业机械投入额对数	5.187	3.012
家庭收入水平 Income	家庭年人均收入额取对数	9.468	1.586
是否有通组公路 Road	有通组公路=1;无通组公路=0	0.695	1.894
户主教育水平/年 Education	受教育实际年数	6.643	3.197
劳动力占比 Labor	家庭劳动力人数/家庭总人数	0.615	0.314
粮食价格/(元/kg) Price	粮食实际销售价格	2.141	0.175
非农收入占比 N_farm	家庭非农收入/家庭总收入	0.504	0.412
水源污染 Pollution	有污染=1;无污染=0	0.483	0.458
土地流转/hm ² Transfer	土地转出实际值	0.045	2.512
地形特征 Terrain	平原=1;非平原=0	0.341	0.452
有效灌溉率 Irrigation	有效灌溉面积/耕地面积	0.589	0.211
种植种类/种 Crops	农作物实际种植品种数	2.125	0.234
复种指数 multiple	收获面积/耕地面积	1.321	0.613
人均承包面积/(hm ² /人) Area	家庭承包面积/家庭总人数	0.097	1.075
气候极端变化 Climate	1=有;0=无	0.531	0.374

表2 农业机械化对农户主粮种植面积的估计结果

Table 2 Estimated results of agricultural mechanization on the main grain planting area of farmers

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
农业机械化 Machine	0.116*** (0.016)	0.189*** (0.021)	0.342*** (0.033)	0.341*** (0.032)	0.429*** (0.039)		0.411*** (0.037)
户主教育水平 Education	0.003** (0.001)	0.002 (0.001)	0.002 (0.001)	0.002 (0.001)	0.001 (0.001)	0.002* (0.001)	0.001 (0.002)
劳动力占比 Labor	0.043*** (0.014)	0.048*** (0.016)	0.011 (0.016)	0.011 (0.016)	0.012 (0.018)	0.048*** (0.013)	0.022 (0.018)
粮食价格 Price	0.004*** (0.001)	0.005*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.003*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.004*** (0.001)	0.003*** (0.001)
非农收入占比 Non_farm	-0.049*** (0.011)	-0.059*** (0.013)	-0.050*** (0.012)	-0.049*** (0.012)	-0.060*** (0.013)	-0.040*** (0.011)	-0.057*** (0.014)
水源污染 Pollution	-0.016* (0.009)	-0.012 (0.010)	-0.002 (0.010)	-0.002 (0.010)	0.003 (0.011)	-0.021** (0.009)	-0.002 (0.012)
土地流转 Transfer	-0.006*** (0.001)	-0.014*** (0.003)	-0.003* (0.002)	-0.003* (0.001)	-0.010*** (0.002)	-0.005*** (0.001)	-0.008*** (0.002)
地形特征 Terrain	0.058*** (0.011)	0.053*** (0.012)	0.028** (0.013)	0.028** (0.013)	0.021 (0.014)	0.051*** (0.010)	0.011 (0.014)
农业机械投入 Invest						0.014*** (0.001)	
常数 Constant	0.001 (0.011)	-0.037** (0.015)	-0.051*** (0.014)	-0.050*** (0.014)	-0.090*** (0.017)	-0.009 (0.010)	-0.107*** (0.018)
R-squared	0.240		0.046	0.048		0.303	

注:括号中的数字均为稳健标准误,*、**、***分别代表10%、5%、1%水平的显著性。下同。

Note: The figures in parentheses are the robust standard errors, *, ** and *** indicate that the variables are statistically significant at the 10%, 5% and 1% levels, respectively. The same below.

加农户主粮种植的积极性,且这种影响随着种植面积的不断扩大而呈现出规模报酬递增效应。户主教育水平对农户主粮种植面积有正向影响,且影响大小从低分位数到高分位数逐步提高,但基本都不显著。

劳动力占比对农户主粮种植面积有显著的正向影响,并且从低分位数向高分位数逐步提高,说明在主粮种植面积分布的高端,家庭劳动力占比越多,越能增加农户种粮积极性。粮食价格对农户主粮种植面积有显著的正向影响,且从低分位数向高分位数逐步提高,说明价格对种植面积较大农户的主粮种植面积增幅更大,可能是种植面积较大农户的市场

化程度越高,粮食价格提升对农户收益增加更为明显,而种植面积较小农户生产的粮食只能自给自足,故提升幅度不明显。非农收入占比对农户主粮种植面积有显著的负向影响,且随着分位数的增加而逐步提高,说明家庭非农收入比重越高,农户主粮种植面积就会越小,可能是农户基于比较利益选择的结果。与水源无污染相比,水源污染对农户主粮种植面积有负向影响,但都不显著。土地转出对农户主粮种植面积有负向影响,其影响随着分位点的提高而下降,可能原因是尽管土地转出会减少农户种植主粮作物的可能性,但农户出于自身基本口粮的需

求,都会种植一定规模的主粮作物来满足家庭基本需求。与非平原地区相比,平原地区对主粮种植面

积有显著正向影响,且随着分位数的增加而递增,可能是种植规模越大,平原的优势更易突显。

表3 农业机械化对农户主粮种植面积的无条件分位数回归(UQR)的估计结果

Table 3 Estimated results of unconditional quantile regression (UQR) of agricultural machinery on the main grain crop area

变量 Variables	5分位 q5	20分位 q20	35分位 q35	50分位 q50	65分位 q65	80分位 q80	95分位 q95
农业机械化 Machine	0.150 (0.187)	0.173 (0.188)	0.258 (0.178)	0.335* (0.173)	0.378** (0.172)	0.433** (0.201)	0.575*** (0.208)
户主教育水平 Education	0.042** (0.020)	0.039* (0.023)	0.014 (0.012)	0.015 (0.011)	0.013 (0.010)	0.028* (0.016)	0.052*** (0.017)
劳动力占比 Labor	0.392 (0.244)	0.546*** (0.202)	0.454*** (0.155)	0.338** (0.168)	0.342** (0.153)	0.516*** (0.179)	0.850*** (0.177)
粮食价格 Price	0.008 (0.010)	0.008 (0.007)	0.015** (0.006)	0.014** (0.007)	0.013** (0.006)	0.023*** (0.008)	0.021** (0.010)
非农收入占比 Non_farm	-0.204 (0.166)	-0.259** (0.130)	-0.324*** (0.107)	-0.365*** (0.107)	-0.331*** (0.103)	-0.289** (0.129)	-0.312* (0.175)
水源污染 Pollution	-0.101 (0.144)	-0.178* (0.098)	-0.088 (0.090)	-0.056 (0.092)	-0.016 (0.084)	-0.053 (0.092)	-0.081 (0.156)
土地流转 Transfer	-0.171** (0.086)	-0.110* (0.066)	-0.062 (0.049)	-0.055 (0.043)	-0.062 (0.039)	-0.071*** (0.022)	-0.075** (0.035)
地形特征 Terrain	1.251*** (0.169)	1.22*** (0.101)	1.205*** (0.099)	1.254*** (0.111)	1.32*** (0.094)	1.199*** (0.103)	0.597*** (0.137)
常数 Constant	-0.225 (0.201)	0.127 (0.215)	0.547*** (0.149)	0.761*** (0.150)	0.813*** (0.135)	1.056*** (0.148)	1.526*** (0.203)

3.2 农业机械化对农户主粮种植面积的异质性分析

上述实证分析了农业机械化对农户主粮种植面积的影响,但无法得知农业机械化对农户不同类型主粮种植面积的影响。农业机械对不同农作物生产力的提升有所不同,进而导致农户在不同类型主粮生产中农业机械的使用存在差异。因此,分析农业机械化对不同主粮种植面积的影响,有利于厘清农业机械化对主粮种植面积影响的异质性。表4和5分别为农业机械化对各类主粮种植面积占比的UQR估计结果,表中展示了25、50和75分位数的结果,依次代表低、中、高分位数。从表4的估计结果来看,农业机械化对水稻和小麦种植面积占比有

显著的正向影响,在低分位点时的影响较小,在高分位点时的影响更大。在75分位数上,水稻模型中农业机械化的回归系数是25分位数和50分位数回归系数的1.91倍和1.07倍;小麦模型中农业机械化的回归系数是25分位数和50分位数回归系数的2.76倍和1.72倍,且农业机械化对水稻种植面积的提升作用更大。可以看出,农业机械化对水稻和小麦种植面积占比的影响都随着分位点提高而呈现出不断增加的趋势,这也表明农业机械化对水稻和小麦种植面积的影响存在边际报酬递增效应。从控制变量来看,各变量UQR估计结果与表3中各变量UQR中估计结果的规律基本一致,且显著性差别不大,说明回归模型具有较强的稳健性。

表4 农业机械化对水稻和小麦种植面积的无条件分位数回归(UQR)的估计结果

Table 4 Estimated results of unconditional quantile regression (UQR) on the planting area of rice and wheat by agricultural machinery

变量 Variables	水稻 Grain			小麦 Wheat		
	q25	q50	q75	q25	q50	q75
农业机械化 Machine	0.211 (0.179)	0.378** (0.161)	0.404*** (0.149)	0.052*** (0.007)	0.084*** (0.013)	0.144*** (0.040)
控制变量 Control	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数 Constant	0.359** (0.169)	0.813*** (0.126)	1.053*** (0.125)	0.003 (0.002)	0.001 (0.005)	0.013 (0.009)

表5为农业机械化对玉米和马铃薯种植面积占比的无条件分位数回归结果,回归结果表明农业机械化对玉米和马铃薯种植面积占比有显著的正向影响,在70分位数上,农业机械化对玉米和马铃薯种植面积占比的边际影响较大。在70分位数上,玉米模型中农业机械化的回归系数是25分位数和50分位数回归系数的2.05倍和1.17倍;马铃薯模型中农业机械化的回归系数是25分位数和50分位数回归系数的1.27倍和1.17倍,且农业机械化对马铃薯种植面积占比的提升作用更大。可以看出,农业机械化

对玉米和马铃薯种植面积占比的影响都呈现随着分位点提高而不断增加的趋势,这也表明农业机械化对玉米和马铃薯种植面积的影响存在边际报酬递增效应。从其他控制变量来看,户主受教育水平对玉米和马铃薯种植面积占比有正向影响,但仅在部分分位点上显著。劳动力占比、粮食价格和地形特征都对玉米和马铃薯种植面积占比有显著的正向影响,且基本上都随着分位数的提高而增加。非农收入占比、水源污染和土地流转都对玉米和马铃薯种植面积占比有显著的负向影响,且随着分位数的提高而增加。

表5 农业机械化对玉米和马铃薯种植面积的无条件分位数回归(UQR)的估计结果

Table 5 Estimated results of unconditional quantile regression (UQR) on the planting area of corn and potato by agricultural machinery

变量 Variables	玉米 Corn			马铃薯 Potato		
	q25	q50	q75	q25	q50	q75
农业机械化 Machine	0.173 (0.197)	0.302* (0.165)	0.354** (0.142)	0.359* (0.198)	0.391 (0.238)	0.456 (0.289)
控制变量 Control	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数 Constant	0.127 (0.178)	0.563*** (0.155)	0.847*** (0.114)	0.985*** (0.157)	1.501*** (0.180)	2.033*** (0.247)

3.3 农业机械化对农户主粮种植面积的作用机制

上述证实了农业机械化会影响农户不同类型主粮的种植面积,且从表2的模型7可知,农业机械化更能促进农户种植主粮作物,但仍不清楚农业机械化对农户主粮种植面积的作用机理,此部分继续探究农业机械化促进主粮种植的内在逻辑。表6为农

业机械化对各类农业生产投入时间的估计结果,表6中列(1)~(4)的因变量分别为单位面积平均下的农业种植投入总成本、主粮种植投入成本、经济作物种植投入成本和主粮种植雇工成本。由表7的列(1)~(3)可知,农业机械化对单位面积平均下的农业种植投入天数、主粮种植投入天数、经济作物种

植投入天数都存在显著的负向影响,且对单位面积平均主粮种植投入天数的影响最大,说明农业机械化最能降低主粮种植劳动投入时间,可能原因是粮食种植农艺的相对“标准化”更适宜于机械作业,也就节省更多的主粮生产时间。表7的列(4)表示农业机械化能显著降低单位面积平均主粮种植的雇工天数,说明农业机械化能够极大提高农业生产效率,减少农户雇工支出。表6的列(4)表示农业机械化能显著降低主粮种植雇工成本,也回应了表7的列(4),随着主粮雇工天数减少,雇工成本也会降低。近年来劳动力成本上涨,雇工成本往往在农业生产成本中占据较大比重,农业机械通过提高农业生产效率,减少主粮雇工天数和雇工成本,进而极大降低农户主粮生产成本,诱致农户更多选择种植主粮作

物而非经济作物。

至此,可以得出本研究的结论与杨进等^[16]的观点相左,主要原因有两点:一是模型选择不当,杨进等^[16]使用农户是否选择农业机械化服务作为倾向得分匹配法的处理变量,此模型只能判断选择农业机械化服务的农户与未选择农业机械化服务的农户在粮食种植面积上的差异,但农户使用农业机械除了来自农业机械化服务,还可以来源于自有农业机械,直接用农业机械化服务替代农业机械使用程度,未免有失偏颇。尽管得分倾向匹配法在一定程度上能够消除模型的内生性问题,但终究只适用于政策评估研究;二是理论机制误设,杨进等^[16]也从农业机械成本角度解析农业机械化对农户粮食种植面积的作用机制,假定在其他条件不变情况下,农业机械

表6 农业机械化对农业生产成本的影响

Table 6 Impact of agricultural machinery on agricultural production costs

变量 Variables	成本一	成本二	成本三	成本四
	Cost1	Cost2	Cost3	Cost4
	(1)	(2)	(3)	(4)
农业机械化 Machine	-0.260*** (0.081)	-0.436** (0.191)	-0.137 (0.106)	-0.586*** (0.194)
控制变量 Control	控制	控制	控制	控制
常数 Constant	6.945*** (0.498)	1.069*** (0.205)	1.576*** (0.324)	1.240*** (0.265)
R-squared	0.519	0.141	0.139	0.097

表7 农业机械化对农业投入时间的影响

Table 7 Impact of agricultural machinery on agricultural input time

变量 Variables	时间一	时间二	时间三	时间四
	Time1	Time2	Time3	Time4
	(1)	(2)	(3)	(4)
农业机械化 Machine	-0.050** (0.019)	-0.529* (0.273)	-0.018 (0.012)	-0.062*** (0.020)
控制变量 Control	控制	控制	控制	控制
常数 Constant	0.203*** (0.030)	1.320*** (0.482)	0.129*** (0.027)	0.322*** (0.026)
R-squared	0.113	0.023	0.113	0.270

作业费用上涨将导致农户减少粮食种植面积,而增加经济作物种植面积。但此观点却忽视了一个重要问题,在既定生产函数中,如果农业机械替代农业劳动力,那么农业生产成本变动需要由农业机械作业费用增加和农业劳动力费用减少2个方面综合得出,不能只从一个方面就得出农业成本上涨而导致农户降低粮食种植面积的结论。再则,在理性市场经济中,农户使用农业机械的前提一定是农业机械作业费用低于农业劳动力费用,否则农户也不会使用农业机械^[15]。因此,模型中“其他条件不变”的假设前提有待商榷。

4 结 论

本研究利用1667个农户微观调查数据,采用IVTobit模型和UQR等方法探讨农业机械化对农户主粮种植面积的影响。研究发现:1)农业机械化对农户主粮种植面积存在显著的正向影响,农业机械化每增加1%,农户主粮种植面积就增加0.429%;2)农业机械化对农户主粮种植面积的影响随着分位点的提高而不断增加,说明农业机械化对主粮种植面积存在规模报酬递增效应;3)农业机械化对农户不同类型主粮种植面积的影响也随着分位点的提高而不断增加,且影响效果从大到小依次是马铃薯、水稻、玉米和小麦;4)农业机械化通过提高农业生产效率,减少主粮雇工天数和雇工成本,进而极大降低农户主粮生产成本,诱使农户更多选择种植主粮作物而非经济作物;5)从其他控制变量来看,劳动力占比、粮食价格和地形特征对农户主粮种植面积存在显著的正向影响,非农收入占比、水源污染和土地流转对农户主粮种植面积存在显著的负向影响。

综上所述,本研究认为农业机械化对农户主粮种植面积有着重要的积极作用,切实有效地降低了城镇化后“谁来种地”的粮食安全顾虑,对进一步释放农村剩余劳动力起到促进作用。以往对农户主粮种植面积的研究更多从种植结构、农户家庭特征、个人特征、市场经济和国家政策因素等方面着手^[2,4-5],但随着国家农业现代化水平尤其是农业装备水平的提升,影响主粮种植面积的因素可能需要重新审视。农业生产技术革新往往会对农业生产成本产生重大改变,农产品市场收益进而会影响农户的种植倾向,最终会倒逼农业生产种植结构调整,农业机械化对农户主粮种植面积的影响可能也遵循这一逻辑。研究结论也显示,农业机械化对马铃薯种植面积的影响

最大,这符合国家当下的“马铃薯主粮化”战略,说明马铃薯很有可能成为解决粮食安全问题的主要主粮之一。为提升农户农业机械化水平和保障粮食种植面积,加快培育一批具有国际竞争力的本国农机装备生产企业,研发更多生产高效且使用费用低廉的农机产品。在丘陵山区开展地块“宜机化”改造,推动农田地块小并大、短并长、陡变平、弯变直和互联互通,为大中型农机运用创造条件。在条件允许的地区,适度加强土地流转力度,提高农业机械作业的规模效应。同时,完善农机后期维护市场,形成一套适应新时期发展的新型农业推广服务体系。提高农业劳动力质量,注重农户农机专业知识的培养,提升农户对农业机械的认识和操作水平。

参考文献 References

- [1] 张元红,刘长全,国鲁来.中国粮食安全状况评价与战略思考[J].中国农村观察,2015(1):2-14,29,93
Zhang Y H, Liu C H, Guo L L. Appraisal and strategic consideration on food security status of China [J]. *China Rural Survey*, 2015(1): 2-14, 29, 93 (in Chinese)
- [2] 李维.农户水稻种植意愿及其影响因素分析:基于湖南资兴320户农户问卷调查[J].湖南农业大学学报:社会科学版,2010,11(5):7-13
Li W. Peasants' willingness to rice planting and its influential factors: Based on data of Zixing, Hunan [J]. *Journal of Hunan Agricultural University: Social Sciences*, 2010, 11(5): 7-13 (in Chinese)
- [3] 姚成胜,滕毅,黄琳.中国粮食安全评价指标体系构建及实证分析[J].农业工程学报,2015,31(4):1-10
Yao C S, Teng Y, Huang L. Evaluation index system construction and empirical analysis on food security in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2015, 31(4): 1-10 (in Chinese)
- [4] 刘克春.粮食生产补贴政策对农户粮食种植决策行为的影响与作用机理分析:以江西省为例[J].中国农村经济,2010(2):12-21
Liu K C. Analysis of the influence and mechanism of grain production subsidy policy on farmers' food planting decision-making behavior: Taking Jiangxi Province as an example [J]. *Chinese Rural Economy*, 2010(2): 12-21 (in Chinese)
- [5] 王莉,苏祯.农户粮食种植面积与粮价的相关性研究:基于全国农村固定观察点的农户调查数据[J].农业技术经济,2010

- (9): 90-96
- Wang L, Su Z. Study on the correlation between farmers' afforestation area and food price: Based on the survey data of farmers based on national fixed observation points in rural areas[J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2010(9): 90-96 (in Chinese)
- [6] 洪自同, 郑金贵. 农业机械购置补贴政策对农户粮食生产行为的影响: 基于福建的实证分析[J]. *农业技术经济*, 2012(11): 41-48
- Hong Z T, Zheng J G. The impact of agricultural machinery purchase subsidy policy on farmers' food production behavior: An empirical analysis based on Fujian [J]. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2012(11): 41-48 (in Chinese)
- [7] 陈艳红, 胡胜德. 黑龙江省稻米产业发展的优势和问题及对策[J]. *农业现代化研究*, 2014, 35(2): 158-162
- Chen Y H, Hu S D. Advantages, problems and countermeasures of rice industry development in Heilongjiang Province[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2014, 35(2): 158-162 (in Chinese)
- [8] 赵玉, 严武. 市场风险、价格预期与农户种植行为响应: 基于粮食主产区的实证[J]. *农业现代化研究*, 2016, 37(1): 50-56
- Zhao Y, Yan W. Farmers' planting responses to market risks and price expectations: An empirical analysis of major grain producing areas[J]. *Research of Agricultural Modernization*, 2016, 37(1): 50-56 (in Chinese)
- [9] 王大伟, 刘彦随, 卢艳霞. 农业结构调整对全国粮食安全的影响分析: 以粮食主产区为例[J]. *中国人口·资源与环境*, 2005(2): 65-68
- Wang D W, Liu Y S, LU Y X. Agricultural structure adjustment and its effect on China's food safety: Case study of the main food supply regions[J]. *China Population · Resources and Environment*, 2005(2): 65-68 (in Chinese)
- [10] 金婷, 刘波, 刘强, 刘帅, 徐定成. 粮食最低收购价政策对我国小麦种植面积的影响机理分析[J]. *南方农业学报*, 2018(2): 397-402
- Jin T, Liu B, Liu Q, Liu S, Xu D C. Impact mechanism of the minimum grain purchase price policy on wheat planting areas in China[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2018(2): 397-402 (in Chinese)
- [11] 王欧, 唐轲, 郑华懋. 农业机械对劳动力替代强度和粮食产出的影响[J]. *中国农村经济*, 2016(12): 46-59
- Wang O, Tang K, Zheng H M. Impact of agricultural machinery on labor substitution intensity and food output[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(12): 46-59 (in Chinese)
- [12] 伍骏骞, 方师乐, 李谷成, 徐广彤. 中国农业机械化发展水平对粮食产量的空间溢出效应分析: 基于跨区作业的视角[J]. *中国农村经济*, 2017(6): 44-57
- Wu J Q, Fang S Y, Li G C, Xu G T. analysis of the spatial spillover effect of China's agricultural mechanization development level on grain production: Based on the perspective of interregional operations [J]. *Chinese Rural Economy*, 2017(6): 44-57 (in Chinese)
- [13] 郑旭媛, 徐志刚. 资源禀赋约束、要素替代与诱致性技术变迁: 以中国粮食生产的机械化为例[J]. *经济学(季刊)*, 2017, 16(1): 45-66
- Zheng X Y, Xu Z G. Endowment restriction, factor substitution and induced technological innovation: A case research on the grain producing mechanization in China[J]. *China Economic Quarterly*, 2017, 16(1): 45-66 (in Chinese)
- [14] 钟甫宁, 陆五一, 徐志刚. 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[J]. *中国农村经济*, 2016(7): 36-47
- Zhong F N, Lu W Y, Xu Z G. Is rural labor force migrant workers bad for food production: An analysis of farmers' factor substitution and planting structure adjustment behaviors and constraints[J]. *Chinese Rural Economy*, 2016(7): 36-47 (in Chinese)
- [15] 罗必良, 张露, 仇童伟. 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[J]. *南方经济*, 2018(8): 1-28
- Luo B L, Zhang L, Qiu T W. Logics of small households' grain production: Changes in China's agricultural planting structure in the past 40 years and future strategies[J]. *South China Journal of Economics*, 2018(8): 1-28 (in Chinese)
- [16] 杨进, 吴比, 金松青, 陈志钢. 中国农业机械化发展对粮食播种面积的影响[J]. *中国农村经济*, 2018(3): 89-104
- Yang J, Wu B, Jin S Q, Chen Z G. The impact of agricultural mechanization on structure adjustment of grain in China[J]. *Chinese Rural Economy*, 2018(3): 89-104 (in Chinese)
- [17] 姚季伦. 农业机械对降低三大粮食作物生产成本的作用[J]. *农机化研究*, 2009, 31(4): 24-27
- Yao J L. Relationship of agriculture mechanization development and cost decrement of three main grain crops[J]. *Journal of Agricultural Mechanization Research*, 2009, 31(4): 24-27 (in Chinese)
- [18] 张缔庆. 农机替代效益的计算方法[J]. *中国农业大学学报*, 2000(2): 40-43

- Zhang D Q. Calculation method of agricultural machinery substitution benefits [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2000(2): 40-43 (in Chinese)
- [19] 江泽林. 把握新时代农业机械化的基本特性[J]. 农业经济问题, 2019(11): 4-14
- Jiang Z L. Grasping the basic characteristics of agricultural mechanization in the new era [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2019(11): 4-14 (in Chinese)
- [20] 李轩复, 黄东, 武拉平. 不同规模农户粮食收获环节损失研究: 基于全国 28 省份 3 251 个农户的实证分析[J]. 中国软科学, 2019(8): 184-192
- Li X F, Huang D, Wu L P. Study on grain harvest losses of different scales of farms: Empirical analysis based on 3 251 farmers in China [J]. *China Soft Science*, 2019(8): 184-192 (in Chinese)
- [21] 彭继权, 吴海涛. 土地流转对农户农业机械使用的影响[J]. 中国土地科学, 2019, 33(7): 73-80
- Peng J Q, Wu H T. The influence of land transfer on farmers' agricultural mechanization adoption [J]. *China Land Science*, 2019, 33(7): 73-80 (in Chinese)
- [22] 彭继权, 吴海涛, 谭昶, 李孟丁. 农业机械化水平对农户市场化程度的影响: 基于人均基本需求农地的门限效应分析[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(7): 167-180
- Peng J Q, Wu H T, Tan C, Li M D. Influence of agricultural mechanization level on farmers' marketization: The threshold effect of agricultural land based on per capita basic needs [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2019, 24(7): 167-180 (in Chinese)
- [23] Staiger D, Stock J H. Instrumental variables regression with weak instruments [J]. *Econometrica*, 1997, 65(3): 557-586
- [24] Stock J H, Yogo M. *Testing for Weak Instruments in Linear IV Regression* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005

责任编辑: 王岩