

耕地地块细碎程度及其对山区农业生产成本的影响

王亚辉^{1,2}, 李秀彬^{2,3}, 辛良杰²

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715; 2. 中国科学院地理科学与
资源研究所, 北京 100101; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 在务农成本持续上涨和省工性技术普及的背景下, 山区地块细碎化逐渐成为抑制农民增收的重要因素。厘清山区耕地细碎程度及其对农业生产的影响, 对于降低农业生产成本具有指导价值。基于重庆市武隆区、巫山县和酉阳县的1015份农户调研数据, 分别从地块权属和空间分布两个角度测算耕地细碎程度, 并采用半对数经济计量模型评估耕地细碎差异对农业生产成本的影响。结果表明: 研究区耕地细碎程度严重, 辛普森指数和地块距离指数分别为0.71和0.19, 户均耕地面积6.19亩, 地块数8.89块, 地块与家庭平均相距430 m, 即呈现出“块数多、规模小和距离短”的特征; 耕地细碎程度加剧提高了农业生产成本, 当辛普森指数和地块距离指数每增加一个标准差时, 单位产量总成本依次上升33.8%和16.6%; 具体到各单项成本, 耕地细碎程度加剧显著提高了劳动力、化肥和种子成本, 而限制机械及其他要素的使用。分作物的实证显示, 耕地细碎化效应存在明显的作物异质性。此外, 优质耕地能缓解地块细碎带来的成本上升, 同时扩大地块面积有助于降低生产成本。政策启示: 降低农业经营成本是缓解山区耕地撂荒的重要举措, 政府应建立低成本的农地流转网络, 并鼓励农户或村庄之间的土地互换, 提高地块规模和减少耕作距离, 同时政府还应推广和普及适合山区农业的微耕机械。

关键词: 耕地细碎化; 山区; 农业成本; 撂荒; 土地流转

2017年1月农业部印发《关于推进农业供给侧结构性改革的实施意见》, 其核心目标是实现农民增收。事实上, 自2005年中央发布“一号文件”以来, 农民增收一直是政学两界的重要议题。依据全国农产品成本收益资料汇编统计, 2000-2015年, 小麦、水稻和玉米三种主粮的亩均收益从232.47元降至161.55元, 降幅达31%; 同期山区的亩均收益则从176.42元下降到41.35元, 降幅接近80%。在农业比较收益不断下降的背景下, 山区农民增收似乎变得更加困难^[1-2]。现实问题为我们提供了新的研究课题, 山区的农业收益为什么会明显偏低呢? 要回答此问题, 有必要从中国农村的土地制度入手^[3-8]。

现行土地制度的前身是20世纪80年代“肥瘦搭配”的均分地权政策, 农户拥有多块大小不均且空间不相连的地块, 即表现为耕地细碎现象^[9]。根据2003年农村固定观察点数据库显示, 农村家庭户均拥有耕地7.14亩, 户均地块数量4.2块。已有研究指出, 在生产水平低下和农村劳动力过密的背景下, 耕地细碎程度对农业经营未产生负面影响, 甚至有分散农业风险和充分利用劳动力的作用; 但是随着劳动力成本持续上涨和省工性

收稿日期: 2019-07-12; 修订日期: 2019-09-24

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目(19XJCZH006); 国家自然科学基金项目(41901232, 41571095); 重庆市社会科学规划项目(2018BS59); 中央高校基本科研业务费项目(swu118054)

作者简介: 王亚辉(1989-), 男, 安徽亳州人, 博士, 讲师, 主要从事土地利用变化研究。

E-mail: wangyhui.15b@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 李秀彬(1962-), 男, 河北廊坊人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事土地利用变化及其效应相关研究。E-mail: lixb@igsnrr.ac.cn

技术的普及,耕地细碎限制了机械等省工性技术的使用,增加劳动力在地块之间的通勤时间,无疑增加了农业经营成本^[10]。更值得关注的是,在地形复杂和各类地理要素相互叠加的山区面临的问题可能更加突出^[11]。因此,厘清耕地的地块细碎程度及其对山区农业经营的影响,有助于加深对山区农业发展落后和农民增收困难的认识,对改善农业生产状况有重要指导价值。

当然,关于土地细碎化对农业生产率影响的研究已得到充分的报道^[12-16]。已有研究指出耕地细碎化不利于农业生产^[12-15],比如Schlitz^[17]发现小规模 and 分散地块带来生产要素的不合理配置,增加技术非效率和降低农业利润;Kawasaki^[14]基于1995-2006年日本稻农的数据显示,随着地块数量和辛普森指数的增加,农业经营成本也随之提高;Tan等^[15]基于随机前沿函数证实耕地细碎降低技术效率;Deininger等^[18]对印度的调研表明土地空间细碎增加农业经营成本。但是,也有研究呈现出不同观点^[16,19],比如通过对中国的农户调查发现,耕地细碎化并未降低农业生产率,反而有助于农业经营^[19];同样,对卢旺达南部的农户调研发现,耕地细碎化虽然导致地块面积偏小,但耕地生产效率并未恶化^[16]。受区域地理要素差异和土地细碎化测量方法的不同,不同地区的耕地细碎化存在明显差异,但是这些报道对揭示中国山区耕地细碎特征及其效应的借鉴作用十分有限。

此外,整理文献还发现:第一,耕地细碎程度的测量指标差异较大,多数研究采用农地规模、地块数量和地块离家距离等单一维度指标,无法反映区域之间土地的地块属性和空间分布格局^[20-23],不同报道之间的差异较大,可比性较差。第二,已有研究多集中在浙江、江苏以及山东等平原地区^[24-26],对于山区耕地细碎化问题的关注不够,但在非农工资持续上涨和山区耕地撂荒现象较突出的背景下,厘清山区耕地细碎程度及其效应有助于理解山区土地撂荒现象,同时对降低山区农业经营成本提供借鉴,这符合农业供给侧结构性改革的初衷。第三,内生性问题尚未解决,一方面农户通过土地流转改善耕地细碎程度,进而影响农业经营成本;另一方面农户为了降低农业经营成本可以通过土地流转增减农地规模,进而改变耕地细碎程度。土地流转市场的存在,使得耕地细碎化与农业经营成本之间存在互为因果关系,导致了估计系数偏误^[27-29]。

鉴于此,本文基于重庆市武隆区、巫山县和酉阳县的1015份农户实地调研数据,首先分别从土地权属细碎化和空间细碎化的视角测量农户耕地地块的细碎程度,然后采用半对数经济计量学模型评估耕地地块细碎程度对农业生产成本的影响,以期降低山区农业经营成本提供实证参考。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 理论推断与分析

初期耕地细碎化是政策的理性选择。20世纪70年代,中国城镇化和工业化进程缓慢,无法有效解决农村大量的剩余劳动力。在农业技术相对落后的背景下,为了实现耕者有其田,“肥瘦搭配”的均分地权制度应运而生,耕地细碎现象开始出现。当时,细碎的地块实现了劳动力对资本的替代,土地生产率相对较高,是政府和农户追求收益最大化的必然要求。

与此同时,家庭可以根据地块细碎程度适当安排多元化种植,分散单一地块的农业经营风险;同时还可以平滑劳动力季节性供给不足等问题,充分利用劳动力和土地资源,提高土地生产效率^[10,30]。在农村劳动力过剩和非农工资偏低的背景下,耕地细碎特征

充分解决了农村劳动力的就业问题,实现了劳动力要素对资本和土地两种要素的有效替代。耕地细碎化是时代的产物和政策的理性选择。

现阶段耕地细碎特征加剧山区农业经营成本的上升。2003年跨过刘易斯拐点以后,非农工资持续上涨,相对于资本和土地等其他要素,劳动力稀缺性愈发凸显^[31]。比如乡村人口从2003年的76851万人,减少到2015年的60346万人,降幅达21.48%;同时,基于农村固定观测点数据的统计,非农就业工资从初期的12.4元/日上升至末期的79.72元/日,剔除通货膨胀的增幅为5.41倍。地块的空间破碎和分割增加了来往于地块之间的劳动用工,折算成劳动力市场价格即劳动力成本上升;同时,生产要素在地块之间的运输可能会造成资源的不必要浪费,比如化肥蒸发、种子和农药泄露等。此外,地块面积偏小无法容纳机械工作,地块空间分割耗费机械调转方向的时间,降低机械作业效率,减弱机械等省工性要素对劳动力的替代作用^[26]。

更值得关注的是,受限复杂的地形,山区农村地块之间的通达性会进一步下降,增加了耗费在地块之间的劳动用工和生产要素浪费。理论上,耕地地块细碎程度加剧增加山区农业经营成本,其中最明显的应该是劳动力成本^[11]。此外,根据家庭经济学和农户决策理论,农户会按照劳动力、地块细碎特征以及其他要素禀赋来安排农作物布局,比如水稻应种植在距水源地较近的地块、对灌溉依赖性较低的旱地作物应距水源地较远等。理论推断,农作物的种植格局应该也是家庭在耕地细碎化背景下理性选择的结果,进而影响不同类型农作物的经营成本。

在上述理论推断的基础上,本文提出两个实证假设:

(1) 在农户尺度上,随着耕地细碎程度加剧,单位农作物产量的总成本会显著上升,其中劳动力成本上升最快,而机械成本则呈下降趋势;

(2) 分作物类型来看,随着耕地细碎程度加剧,劳动密集型作物的成本增幅较小,如薯类;而机械密集型的成本增幅较大,如玉米和水稻等。

1.2 研究区概况

本文选取重庆市作为研究区,重庆地处四川盆地东部,以丘陵山区为主。按照辖区经济发展水平和山区海拔特征选取三个具有代表性的山区县,即武隆区、巫山县和酉阳县,其中武隆区位于长江上游地区,重庆东南部,属于中国南方喀斯特高原丘陵山区,处于渝黔两省交界处;巫山县位于重庆市东北部,三峡库区腹心,境内相对高差较大,分为中山、低山、丘陵和平坝四种地貌;酉阳县位于重庆市东南部,地属武陵山区,境内山地特征显著,地形起伏较大。三个调研县均以农业为主,能较全面地反映山区农业发展状况和耕地细碎特征。

1.3 数据来源

研究数据来自2014年7-8月中国科学院和西南大学“城市化对山区生态压力影响”项目组开展的农户调查。农户数据采用分层抽样的方式获得:首先根据重庆市各县区的经济发展水平和高程选取三个典型山区县(武隆、巫山和酉阳县);其次,根据每个乡镇的农业现状和山地面积占比从每个县内抽取2个乡镇;再次,按照村庄居民收入水平在每个乡镇内选取2个典型村庄,共计12个村;最后,从每个村庄内随机选取约占20%的农户进行调研。调研方法采用参与式农村评估法(Participatory Rural Appraisal, PRA)中的半结构式访谈,户主为主要被访谈人,其他家庭成员辅以回答,每份问卷大约用时2~3个小时。经过整理,共计获得1015份有效问卷,其中武隆区317份、巫山县374份和

酉阳县324份,共涉及耕地地块9192块^[32]。住户问卷囊括了家庭基本情况、成员就业信息、土地经营情况、地块层面投入产出和家庭收支情况等。重要的是,土地经营情况中涵盖了家庭地块数量、地块面积、地块与家庭距离、地块质量、灌溉条件和是否流转等信息,地块投入产出涵盖了每个地块的劳动力、化肥、种子、农药和机械等生产要素的投入和农作物产出,以上数据为本研究的顺利开展提供了支撑。

1.4 模型构建

(1) 农户尺度

农户根据家庭耕地细碎程度来配置劳动力和其他生产要素,因而耕地细碎程度差异不仅会影响农户农业生产总成本,还会影响各单项成本,比如劳动力、化肥和机械等成本。在农户尺度上,耕地细碎程度差异对农业生产成本影响的计量模型设置如下:

$$\ln CP = \beta_0 + \beta_1 \times si + \beta_2 \times pdi + \beta_3 \times Area + \beta_4 \times Area^2 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \varepsilon_i \quad (1)$$

式中:选取半对数计量模型,因变量取自然对数; CP 表示标准化单位产量的生产成本,包括单产总成本(TC)和各单项成本,如劳动力成本(LC)、化肥成本(FC)、种子成本(SC)和机械省工性成本(MC); si 和 pdi 分别表示辛普森指数和地块距离指数,用来反映地块权属细碎和地块空间细碎程度; $Area$ 表示家庭总耕地面积; X_1 表示户主特征,包括户主年龄、受教育水平等; X_2 表示农户家庭特征,包括劳动力成本和数量、农业生产性工具数量等; X_3 表示区位虚拟变量,用以控制不同地区无法观测的特征,比如气候、市场及地形等; ε_i 表示模型的干扰项。

(2) 分农作物类型

理论推断表明,农户可能根据耕地细碎程度对农作物进行布局,耕地细碎化必然会影影响不同农作物的生产成本。分作物的计量模型设置如下:

$$\ln CP_p = \beta_0 + \beta_1 \times si + \beta_2 \times pdi + \beta_3 \times Area + \beta_4 \times Area^2 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_{4p} + \varepsilon_{ip} \quad (2)$$

式中: CP_p 表示单个地块农作物的单位产量总成本和各项成本; X_{4p} 表示地块特征,包括土地质量等级、灌溉条件和微地貌类型等;其余为待估参数。

内生性问题的说明与处理。内生性问题是指因模型设置不当等原因导致的估计结果存在偏差,本文在模型设定中可能存在两类内生性问题:其一是遗漏变量偏误,模型中尽量囊括了户主、家庭和区域特征变量,同时分作物类型的分析中还纳入了地块特征变量,因而遗漏变量问题可以忽略;其二是耕地细碎程度与农业成本之间的双向因果关系,即农户可以通过土地流转行为来改变耕地细碎程度以降低农业成本,反之农户为了降低成本可能会租进土地增加农业经营规模,进而改变家庭耕地细碎程度。由于土地流转市场的存在,无法准确评估耕地细碎程度差异对农业经营成本的影响^[20]。为了解决此问题,本文剔除了参与土地流转的农户,共计65户,涉及地块数量745块。最终获得有效问卷为950份,共涉及地块数量8447块(表1)。

1.5 变量构造与说明

被解释变量:单位产量生产成本,包括单位产量的总成本(TC)和各单项成本,若家庭种植多种农作物,需要把不同农作物的成本折算成每吨玉米的价格。单项成本包括劳动力成本(LC)、化肥成本(FC)、种子成本(SC)和机械成本(MC),其中劳动力为自投工和雇工费用之和;化肥包括化学肥料和有机肥料(清粪和干粪)成本之和;机械成本包括机械、除草剂和地膜等费用。

表1 调研样本的抽样情况

Table 1 Sampling status of survey samples

县/区	乡镇	村庄	农户		地块	
			数量/户	占比/%	数量/户	占比/%
武隆县	白马镇、长坝镇	车盘村、东升村、鹅冠村、前进村	317	31.23	3460	40.96
巫山县	龙溪镇、福田镇	老鸦村、莲花村、双河村、双塘村	374	36.85	3095	36.65
酉阳县	木叶乡、毛坝乡	大板营村、梨耳村、双龙村、天苍村	324	31.92	1892	22.39

核心解释变量：辛普森指数 (si) 和地块距离指数 (pdi)。为了准确揭示山区耕地细碎程度，一套能客观、全面地反映山区耕地细碎特征的指标是非常必要的。耕地细碎不仅表现在家庭经营土地面积和地块的多寡，而且还表现在空间分布格局，因而单一的地块数量、地块大小和人均土地面积等指标均无法准确刻画耕地细碎特征。考虑到山区地形复杂，借鉴已有报道，本文选取辛普森指数和地块距离指数分别从地块权属和空间分布两个角度刻画山区耕地细碎特征^[11,20]。辛普森指数的计算公式如下：

$$si = 1 - \sum_{i=1}^n a_i^2 / \left(\sum_{i=1}^n a_i \right)^2 \quad (3)$$

式中：当辛普森指数 $si=0$ 时，表明农户只有一块地，耕地细碎程度最轻； $si=1$ 时，表明农户耕地细碎十分严重， si 越大说明农户耕地细碎程度越严重。 a_i 表示农户第 i 块地块面积； n 表示总地块数量。

辛普森指数能够反映农户耕地的权属细碎特征，但无法反映地块之间的空间分散特征，比如地块间距离、地块与家庭距离，甚至地块分布方向等。地块的空间分散差异影响农户的土地利用行为，进而影响农业生产成本。考虑到数据的可获得性，采用地块距离指数来刻画地块的空间细碎特征^[20]。地块距离指数的计算公式如下：

$$pdi = \frac{d_1}{d_{\max}} \times \frac{d_2}{d_{\max}} \times \frac{d_3}{d_{\max}} \times \dots \times \frac{d_n}{d_{\max}} \quad (4)$$

式中：地块距离指数 pdi 越小说明空间细碎程度越低； pdi 越大则表明空间细碎越严重； d_i 表示第 i 块农地与家庭距离； $d_{\max}$ 表示与家庭相距最远地块的距离； n 表示家庭地块数量。

以上两个指标分别从地块权属和空间分布两个维度刻画家庭耕地细碎程度，图1呈现了12个调研村农户家庭的辛普森指数和地块距离指数之间的关系，两者相关性较高，相关系数达到0.628，但两者拟合优度仅为0.261，说明两者无法替代，不同指标仅反映耕地细碎的不同维度，故本文采用以上两个指标共同刻画耕地细碎程度。

控制变量：(1) 农户耕地规模 ($Area$)，即家庭总承包地面积，考察山区农业是否存在规模经济。(2) 户主特征，包括户主年龄 (Age)、户主健康状况 ($Health$)、受教育水平 (Edu) 和是否受过农业技术培训 ($Atrain$)。其中户主健康状况分四个等级，良好=4，依次递减，最差=1；户主受教育程度分五个等级，文盲为0年，小学为6年，初中为

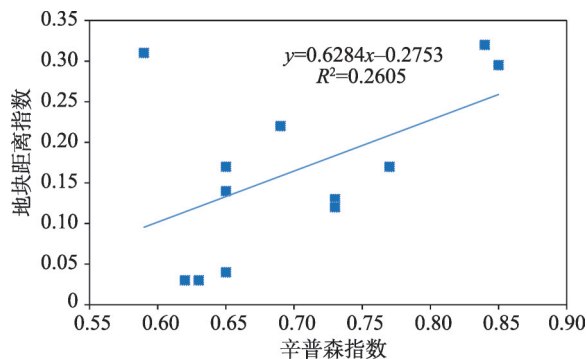


图1 辛普森指数与地块距离指数之间的关系

Fig. 1 Relationship between Simpson Index and Plot Distance Index

9年,高中为12年,大专及以上为15年;户主受过农业技术培训赋值为1,反之为0。(3)家庭特征,包括劳动力成本(*Flabor*)、有效劳动力数量(*Nlabor*)、是否从银行贷款到款(*Finance*)和家庭固定资产总额(*Fixedasset*),其中有效劳动力指介于16~65岁且未在校读书成员。(4)地块特征,包括地块质量等级(*Lquality*)、灌溉条件(*Irrigation*)和微地貌类型(*Topography*)。其中地块质量等级分五类,最高等级=5,二等=4,三等=3,四等=2,最差=1;土地灌溉条件分为两类,可抽水灌溉为1,仅可雨养灌溉为0;微地貌类型分两类,平坝赋值为1,低山、中山及浅丘为0。

表2呈现了变量的统计性描述。2014年,山区每吨农作物的折算成本为784.55元,其中劳动力成本为458.24元,占总成本的58.41%;化肥成本为145.97元,占总成本18.61%;种子和机械成本合计为180.43元,占总成本22.9%。统计显示,劳动力和化肥投入是山区农业生产中的主要成本。此外,辛普森指数为0.71,远大于平原或其他国家的0.47~0.57^[9,18],说明山区耕地细碎程度较严重;户均耕地面积为6.19亩,户主平均年龄为55岁。

表2 变量的统计性描述
Table 2 Statistical descriptions of the variables

变量	代码	单位	平均值	标准差	最小值	最大值	样本量
总成本	<i>TC</i>	元/t	784.55	622.22	64.20	6498.81	950
劳动力成本	<i>LC</i>	元/t	458.24	408.59	22.93	4252.63	950
化肥成本	<i>FC</i>	元/t	145.97	121.74	0.20	2010.00	950
种子成本	<i>SC</i>	元/t	104.64	254.61	2.20	5062.67	950
机械等其他成本	<i>MC</i>	元/t	75.70	206.30	0	3198.00	950
核心解释变量							
辛普森指数	<i>si</i>	—	0.71	0.18	0	0.97	950
地块距离指数	<i>pdi</i>	—	0.19	0.34	0	1.00	950
耕地经营规模	<i>Area</i>	亩	6.19	4.92	0.08	33.40	950
户主特征							
户主年龄	<i>Age</i>	岁	54.95	12.18	19.00	84.00	950
户主健康状况	<i>Health</i>	—	3.31	0.81	1.00	4.00	950
户主受教育程度	<i>Edu</i>	—	5.83	2.98	0	15.00	950
是否参加过农业培训	<i>Atrain</i>	—	0.22	0.42	0	1.00	950
家庭特征							
劳动力成本	<i>Flabor</i>	元/日	78.23	43.11	34.20	220.32	950
家庭有效劳动力数量	<i>Nlabor</i>	—	3.09	1.18	0	7.00	950
是否能够贷款	<i>Finance</i>	—	0.35	0.48	0	1.00	950
家庭固定资产总额	<i>Fixedasset</i>	元	4628.58	13152.82	10.00	167480	950
地块特征							
地块质量等级	<i>Lquality</i>	—	3.41	0.76	1.00	5.00	8447
地块灌溉条件	<i>Irrigation</i>	—	0.47	0.50	0	1.00	8447
地块微地貌类型	<i>Topography</i>	—	0.28	0.45	0	1.00	8447

注:① 总成本包括劳动力、化肥、种子和机械等成本;劳动力包括家庭劳动和雇佣劳动,具体细分为划土、育苗、播种、插秧、施底肥、追肥、除草、中耕、收割、脱粒、晾晒及秸秆处理用工等。② 化肥包括化学肥料和有机肥,根据当年市场上的销售价进行调整,复合肥为1元/斤、高效复合肥1.5元/斤、磷肥0.5元/斤、氮肥0.45元/斤、尿素1.25元/斤;有机肥料中清粪为20元/t、干粪0.35元/斤。③ 种子单价按照当年市场价进行折算,玉米14元/斤、水稻25元/斤、薯类0.7元/斤、土豆0.6元/斤、棉花9元/斤、大豆2.74元/斤、花生4.6元/斤、油菜23元/斤、中药材23元/斤。

2 结果分析

2.1 山区农户耕地细碎特征

表3呈现了调研村的耕地细碎特征，辛普森指数和地块距离指数分别为0.71和0.19。具体来看，武隆区东升村和鹅冠村的辛普森指数和地块距离指数均偏高，辛普森指数已超过0.8，说明这两个村的耕地细碎程度最严重。户均地块数量为8.89块，其中鹅冠村户均平均高达14.36块，户均耕地面积为6.19亩。东升村的耕地规模最大，为9.59亩，最小的是莲花村，仅有2.25亩。地块与家庭距离平均为430.75 m，大板营村距离较远，约553 m。统计显示，案例区耕地细碎呈现出“地块多、规模小和距离短”的分布格局。

表3 调研村土地细碎化特征

Table 3 Characteristics of cropland fragmentation in the surveyed villages

县	村	辛普森指数		地块距离指数		户均地块数/块		户均规模/亩		块均规模/亩		地块与家庭距离/m	
		均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差	均值	方差
武隆区	车盘村	0.59	0.21	0.31	0.41	3.28	1.88	7.77	6.14	2.10	2.01	339.86	401.08
	东升村	0.84	0.05	0.32	0.09	13.83	5.61	9.59	4.50	0.73	0.64	455.13	412.22
	鹅冠村	0.85	0.05	0.30	0.09	14.36	5.72	8.60	3.50	0.65	0.52	323.01	325.73
	前进村	0.65	0.06	0.04	0.07	14.16	6.46	8.18	5.64	0.63	0.55	450.65	461.92
巫山县	老鸦村	0.65	0.06	0.17	0.27	9.58	4.49	5.19	2.79	0.55	0.36	267.86	232.94
	莲花村	0.63	0.10	0.03	0.35	6.18	2.57	2.25	1.60	0.38	0.32	492.19	482.65
	双河村	0.77	0.07	0.17	0.23	11.91	6.41	5.96	3.08	0.51	0.46	444.94	469.71
	双塘村	0.69	0.07	0.22	0.31	7.62	3.16	3.54	2.01	0.45	0.27	371.13	343.38
酉阳县	大板营村	0.73	0.11	0.13	0.17	7.96	4.19	4.25	3.39	0.53	0.56	552.90	407.34
	梨耳村	0.65	0.10	0.14	0.24	6.03	2.78	7.53	5.31	1.30	1.26	534.81	506.59
	双龙村	0.73	0.09	0.12	0.18	6.88	2.51	8.11	5.08	1.20	1.03	528.08	425.28
	天苍村	0.62	0.15	0.03	0.29	4.76	2.09	4.16	2.91	0.89	0.81	409.53	399.28
合计		0.71	0.11	0.19	0.23	8.89	4.79	6.19	4.08	0.81	0.72	430.75	420.21

注：数据来源2014年7-8月重庆三县实地调研数据，经作者整理所得。

除了从农户层面考察耕地细碎程度外，这里还针对8447块耕地的面积和地块与家庭的距离进行统计。按照地块面积统计，面积小于1亩的地块为7206块，占总地块数量的85%；而地块面积大于3亩的为156块，占总地块数量的不足2%。耕地地块规模偏小是山区耕地细碎的特征之一。按照地块与家庭距离统计，距离小于500 m的地块数量为6297块，占总地块的75%；距离超过1000 m的为528块，约占总地块的6%。综上，农户和地块层面的结果均表明，重庆典型山区的耕地细碎程度较严重。

2.2 耕地细碎程度差异对农业生产成本的影响

首先考察耕地细碎程度差异对单位产量总成本的影响。在模型估计之前，采用方差膨胀因子（VIF）和容忍度（Tolerance）对变量的多重共线性进行诊断，结果显示单变量的VIF值均小于2，整体VIF为1.33，远小于临界值10；同时Tolerance最小值为0.51，变量间不存在严重共线性问题。值得注意的是，户主年龄与受教育程度之间可能存在较高的相关性，但文中两者相关系数为-0.56，且户主年龄的VIF为1.33，受教育程度的VIF为1.15，两者均远小于临界值10，故两者并不存在严重的共线性问题。此外，为了减弱异方差的干扰，本文采用稳健加权最小二乘法（WLS）进行估计。通过F值和拟合优度

R^2 可以看出模型整体模拟较好。

表4呈现了耕地细碎程度差异对单位产量总成本的影响。辛普森指数 si 和地块距离指数 pdi 均在5%显著性水平为正，并且 si 系数为0.338，远大于 pdi 的0.166。在其他条件相同的情况下， si 和 pdi 每增加一个标准差，单位产量的总成本将分别提高33.8%和16.6%。本文的估计结果与已有研究十分相似^[20]，可以说，无论是耕地地块权属细碎和空间细碎均会导致农业经营成本的上升。

对于控制变量的分析，家庭农地规模在10%的显著性水平为负，即随着土地规模的扩大，农业经营成本逐渐下降；当土地规模增加一个标准差时，单位产量的总成本相应下降约8%。此外，劳动力成本、家庭借贷能力和固定资产价值等同样对农业成本有显著影响。

其次，我们考察耕地细碎程度差异对单位产量各项成本的影响。以上虽然评估了农户耕地细碎程度加剧显著提高了单位产量的总成本，但是耕地细碎加剧通过增加哪部分成本致使总成本上升的呢？若能准确区分耕地细碎化对农业生产中各单项成本的影响，那么对于降低农业生产环节的成本更具有政策针对性。表5呈现了耕地细碎程度差异对单位产量各单项成本的影响。

从地块权属细碎程度来看，辛普森指数 si 对劳动力成本 LC 和化肥成本 FC 分别在5%和1%显著水平为正，系数分别为0.386和0.118，说明 si 每增加一个标准差，劳动力成本和化肥成本分别提高38.6%和11.8%；对于种子成本 SC 、机械与其他成本而言，耕地细碎程度加剧降低了机械与其他成本，但 si 并不显著，耕地细碎程度加剧对种子和机械成本未有实质性影响。从地块空间分布细碎程度来看，地块距离指数 pdi 对劳动力、化肥和种子成本均在10%显著水平下显著为正，系数分别为0.232、0.072和0.168，即当 pdi 每增加一个标准差，单位产量的劳动力、化肥和种子成本分别提高23.2%、7.2%和16.8%。这恰好

表4 耕地细碎程度差异对农业总成本的影响
Table 4 Impact of cropland fragmentation on total agricultural costs

变量	变量系数	<i>T</i> 值	变量系数	<i>T</i> 值
<i>si</i>	0.338**	2.06		
<i>pdi</i>			0.166**	2.07
<i>Area</i>	-0.08*	-1.83	-0.02	-0.05
<i>Health</i>	-0.022	-0.86	-0.006	-0.17
<i>Age</i>	-0.002	-0.01	-0.002	-0.77
<i>Edu</i>	-0.002	-0.26	0.004	0.62
<i>Atrain</i>	-0.032	-0.73	-0.044	-0.89
<i>Flabor</i>	0.047*	1.69	0.054	1.34
<i>Nlabor</i>	-0.011	-0.64	0.007	0.35
<i>Finance</i>	-0.100**	-2.38	-0.152***	-3.02
log(<i>Fixedasset</i>)	-0.038***	-2.80	-0.028*	-1.74
<i>region dummies</i>	Yes		Yes	
<i>F-value</i>	5.81		3.62	
<i>Prob>F</i>	0.000		0.000	
R^2	0.071		0.050	
<i>Number of observations</i>	950		950	

注：（1）被解释变量为单位产量总成本；（2）*、**、***分别在10%、5%和1%显著水平下显著；（3）限于篇幅，区位虚拟变量和常数项均未报告；（4）模型处理采用STATA 13.0，下同。

表5 耕地细碎程度差异对单项生产成本的影响

Table 5 Impact of cropland fragmentation on single cost for agricultural production

变量	劳动力	化肥	种子	机械及其他	劳动力	化肥	种子	机械及其他
<i>si</i>	0.386** (2.17)	0.118*** (3.28)	0.062 (0.30)	-0.279 (-0.69)				
<i>pdi</i>					0.232* (1.76)	0.072*** (3.20)	0.168*** (3.31)	-0.164** (-2.01)
<i>Area</i>	-0.003 (-0.63)	-0.007*** (-5.20)	-0.001 (-0.27)	-0.003 (-0.28)	0.004 (0.76)	-0.005*** (-3.30)	0.008 (1.47)	-0.014 (-1.10)
<i>Health</i>	-0.059** (-2.06)	-0.009* (-1.93)	0.020 (0.59)	0.065 (0.91)	-0.029 (-0.77)	-0.004 (-0.44)	0.027 (0.79)	0.005 (0.05)
<i>Age</i>	-0.001 (-0.24)	-0.001 (0.89)	-0.004* (-1.72)	0.006 (1.24)	-0.002 (-0.76)	0.001* (1.66)	-0.005* (-1.78)	0.001 (0.21)
<i>Edu</i>	-0.004 (-0.49)	0.001 (-0.46)	0.005 (0.62)	-0.022 (-1.17)	-0.001 (0.01)	-0.001 (-0.37)	0.017** (1.98)	-0.024 (-1.07)
<i>Flabor</i>	-0.011 (-0.61)	-0.002 (-0.66)	-0.038** (-2.01)	0.104** (2.10)	0.002 (0.08)	0.005 (0.87)	-0.019 (-0.88)	0.115** (1.98)
<i>Finance</i>	0.122*** (2.69)	0.003 (0.43)	0.099* (1.80)	-0.066 (-0.60)	0.197*** (3.42)	-0.002 (-0.15)	0.115* (1.93)	-0.071 (-0.54)
<i>log(Fixedasset)</i>	-0.044*** (-2.83)	0.001 (0.23)	-0.031* (-1.85)	0.021 (0.63)	-0.027 (-1.34)	-0.003 (-0.83)	-0.032* (-1.73)	0.019 (0.45)
<i>region dummies</i>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<i>R²</i>	0.063	0.108	0.035	0.414	0.045	0.119	0.062	0.436
<i>Number of observations</i>	950	950	950	950	950	950	950	950

注：（1）限于篇幅，农业技术培训、地理区位和常数项的结果均未报告；（2）在成本分析中，本文也尝试把农药成本单独剥离出来，但未施用农药的地块数量为4992块，占总体地块数的59.1%，酉阳地区则超过80%的地块未施用农药，考虑到绝大多数地块的农药费用为0，回归中存在严重的系数偏误和异质性问题，故本文并未把农药成本单独剥离出来分析。

与前文理论推断相符，地块空间分散增加了劳动力通勤时间，造成生产要素的浪费，增加农业经营中的单项成本。此外，单独看机械及其他成本，*pdi*系数在5%显著水平下显著为负，系数为-0.164，即*pdi*每增加一个标准差，机械及其他成本相应下降16.4%。不难理解，地块空间分散加剧降低了机械使用效率，增加了机械掉头时间和耗油量，加之山区地形复杂，适用于平原的传统机械可能无法操作，无疑减少了机械使用量。

图2呈现了耕地细碎程度差异对单位产量各单项成本的边际效应。结果显示，*si*和*pdi*对劳动力成本的边际效应最大，同时均在10%的水平上显著为正，并且边际效应系数均大于0.2；耕地细碎程度差异对化肥成本和种子成本的边际效应同样为正，边际效应约为0.1。相反，耕地细碎化对机械及其他成本具有显著的负向效应，表明耕地细碎程度加剧使得农户投入更多的劳动用工，减少机械及其他省工性技术的要素投入。可以说，山区地块细碎现象很难实现农业规模化经营和传统意义上的机械化，劳动密集型的农业格局在短期内很难转变。随着劳动力成本的持续上涨，如果传统农业无法向机械或者资本密集型成功转型的话，农业经营成本仍然会居高不下，农业净收益将进一步被压缩。

2.3 耕地细碎程度差异对不同农作物经营成本的影响

表6呈现耕地细碎程度差异对山区三种主要农作物生产总成本的影响。玉米、水稻和薯类是案例区农作物的代表,种植三种作物的地块数量达到5473块,占地块总数的65%;同时种植面积达到3720亩,占总种植面积的68%。结果显示,就玉米和薯类来说,辛普森指数 si 均在1%显著水平下为正,系数分别为0.54和0.402,即在其他条件不变的情况下,耕地细碎程度增加一个标准差时,玉米和薯类单位产量的总成本依次提高54%和40.2%。值得注意的是,耕地细碎程度加剧并未对水稻生产成本有显著影响,但当剔除地块特征以后, si 的系数在10%显著水平下为正且系数为0.582,说明地块质量和灌溉条件缓解了耕地细碎程度加剧带来的成本上升,优质耕地在一定程度上缓解了地块细碎带来的负向效应。与此同时,地块距离指数 pdi 也显著提高了玉米和薯类

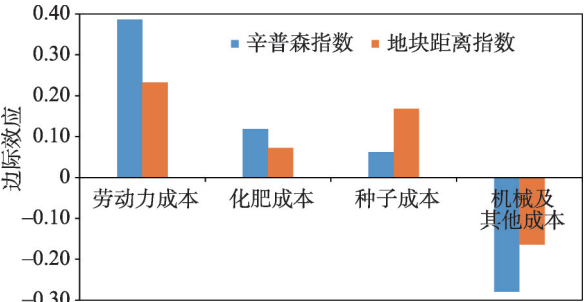


图2 耕地细碎程度对农业单项成本的边际效应
Fig. 2 Marginal effect of land fragmentation on single cost for agricultural production

表6 耕地细碎程度差异对不同农作物生产成本的影响

Table 6 Impact of cropland fragmentation on total costs for different crops

变量	玉米	薯类	水稻	水稻	玉米	薯类	水稻	水稻
si	0.540*** (3.52)	0.402*** (4.82)	0.553 (1.47)	0.582* (1.83)				
pdi					0.183*** (2.85)	0.236*** (2.92)	-0.089 (-0.66)	-0.069 (-0.44)
$Lquality$	-0.050*** (-2.83)	-0.113*** (-4.62)	-0.094*** (-3.39)		-0.048*** (-2.72)	-0.113*** (-4.61)	-0.092*** (-3.32)	
$Irrigation$	-0.095*** (-3.25)	-0.041 (-1.13)	-0.177*** (-4.01)		-0.100*** (-3.43)	-0.052 (-1.41)	-0.177*** (-3.99)	
$Topography$	-0.005 (-0.15)	-0.007 (-0.15)	0.167*** (3.16)		0.001 (0.04)	-0.003 (-0.07)	0.175*** (3.31)	
$Areap$	-0.361*** (-11.27)	-0.469*** (-7.33)	-0.477*** (-6.35)	-0.476*** (-6.81)	-0.357*** (-10.82)	-0.477*** (-7.47)	-0.470*** (-6.13)	-0.467*** (-6.69)
$Square\ of\ Areap$	0.036*** (5.87)	0.093*** (4.44)	0.072*** (3.82)	0.073*** (4.36)	0.037*** (5.59)	0.102*** (4.97)	0.072*** (3.65)	0.073*** (4.37)
$Nlabor$	0.041*** (3.36)	-0.021 (-1.31)	-0.002 (-0.11)	0.007 (0.32)	0.040*** (3.26)	-0.025 (-1.58)	-0.004 (-0.22)	0.005 (0.22)
$Finance$	0.088*** (3.06)	0.051 (1.48)	-0.047 (-0.98)	-0.067 (-1.41)	0.091*** (3.14)	0.064* (1.83)	-0.046 (-0.95)	-0.067 (-1.38)
$log(Fixedasset)$	-0.029*** (-2.92)	-0.027** (-2.34)	-0.015 (-0.83)	-0.009 (-0.50)	-0.031*** (-3.09)	-0.028** (-2.46)	-0.020 (-1.11)	-0.014 (-0.81)
$region\ dummies$	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
R^2_{adj}	0.111	0.118	0.152	0.118	0.109	0.112	0.149	0.114
$Number\ of\ observations$	2691	1928	854	854	2691	1928	854	854

注：户主年龄、健康状况、户主受教育程度及农业技术培训纳入模型均不显著，剔除之后对其他变量的系数和显著性并无较大改变，限于篇幅，故未报告。

的生产成本，*pdi*的系数在1%显著水平上为正。此外，耕地空间分布细碎加剧对水稻的单位产量总成本也未有显著影响。

对控制变量的考察：地块质量等级对三种作物的总成本均在1%显著水平上为负，说明质量等级较高的耕地可以有效降低地块经营成本；同时良好的灌溉条件同样可以显著降低玉米和薯类的生产成本。地块面积与三种作物的单位产量总成本之间均呈现“U型”关系，即随着地块面积扩大，单位产量成本随之下降；当地块面积达到一定规模时，生产成本开始逐渐上升，此过程是从规模经济向规模不经济的转变。以玉米为例，统计显示种植玉米的地块面积拐点在10.03亩，也就是说当地块面积小于10.03亩时，扩大地块规模有助于降低玉米生产成本，而当地块面积超过10.03亩时，玉米的生产成本开始上升。然而在本文中，种植玉米的地块中仅有一块地的面积超过10.03亩（11.75亩），99.96%的地块面积不足10.03亩，说明现阶段扩大地块规模能显著降低玉米的生产成本。当然，对于薯类和水稻同样均有以上类似结论。此外，户主特征、家庭特征和地理区位与上文结论大致相同。

表7呈现耕地细碎程度差异对不同作物各单项成本的影响。以玉米为例，*si*和*pdi*均在1%水平下显著为正，*si*和*pdi*每增加一个标准差，单位产量的劳动力成本依次上升57.5%和21%，种子成本依次上升12.3%和20.3%，耕地细碎程度加剧对化肥、机械等成本并未有显著影响。就薯类和水稻而言，*si*的增加均显著提高了劳动力、化肥和种子成本，但对机械成本没有显著影响；同时，*pdi*的增加也显著提高了劳动力和种子成本，对水稻的各项成本均不影响。可以说，耕地细碎程度加剧均提高了三种作物的劳动力成本，也就是说耕地细碎使得农户倾向于用更多的劳动力替代资本和机械等其他要素。

耕地细碎程度加剧为什么对不同作物的经营成本产生明显差异呢？表8呈现了种植玉米、薯类和水稻三种作物地块的特征。首先，相较于玉米和薯类，种植水稻地块的质量等级和灌溉条件更加优越，其中一、二等地占比接近65%，可灌溉地块占比接近52%，这些优质地块在一定程度上缓解了因耕地细碎导致的经营成本上升。典型的是，*si*对水稻单位产量的总成本大约在20%水平上显著，*T*值为1.47，但是对玉米和薯类的总成本均有显著正向影响。其次，虽然种植水稻的地块面积较大（块均0.73亩），但这些地块

表7 耕地细碎程度差异对不同农作物各单项成本的影响
Table 7 Effect of farmland fragmentation on single cost for different crops

农作物	变量	劳动力	化肥	种子	机械及其他	劳动力	化肥	种子	机械及其他
玉米	<i>si</i>	0.575*** (3.57)	-0.237 (-0.82)	0.123*** (4.12)	-0.506 (-1.16)				
	<i>pdi</i>					0.210*** (3.12)	-0.038 (-0.37)	0.203*** (2.92)	-0.051 (-0.27)
薯类	<i>si</i>	0.350** (2.21)	0.181*** (3.82)	0.153*** (6.73)	0.553 (1.60)				
	<i>pdi</i>					0.115* (1.74)	0.089 (0.72)	0.115*** (3.80)	0.065*** (3.51)
水稻	<i>si</i>	0.783** (1.97)	0.165* (1.69)	0.065*** (2.59)	-0.176 (-1.00)				
	<i>pdi</i>					-0.042 (-0.33)	-0.095 (-0.51)	-0.028 (-0.18)	0.404 (0.77)

注：其他变量也被纳入模型中，受限于篇幅，并未报告。

表8 种植不同农作物的地块特征比较
Table 8 Characteristics of the plots for different crops

作物分类	一、二等地 地块比例/%	可灌溉地块 比例/%	平坝地块 比例/%	平均地块 规模/亩	地块与住宅 距离/m
玉米	35.93	38.46	29.91	0.70	474.34
薯类	28.94	39.09	21.68	0.61	453.94
水稻	64.87	51.53	66.63	0.73	535.68
合计	34.23	46.78	28.36	0.69	463.34

注：资料来源于2014年7-8月重庆三县实地调研数据，并通过作者整理所得。

与家庭距离较远，统计显示种植水稻地块与家庭平均相距 536 m，高于种植其余作物的地块与家庭距离。此外，水稻生产过程中工序相对复杂，比如水稻育秧和插秧作业在山区仍以人工为主，亩均需要花费 3.23 个工作日。因此，在水稻种植工序繁杂的背景下，耕地细碎程度加剧必然会增加劳动力投入量。

3 结论与讨论

3.1 结论

自 2000 年以来，随着劳动力成本的快速上升，中国山区的农业因地形限制，耕地净收益快速下降。摸清山区农户的耕地细碎程度及其对农业经营成本的影响，符合近年来农业供给侧结构性改革的初衷，为降低山区农业生产成本提供实证参考。基于重庆市武隆区、巫山县和酉阳县的 1015 份有效农户问卷，本文分别从地块权属和空间分布两个角度测量了山区耕地细碎程度，在解决内生性问题的基础上，构建半对数经济计量模型评估耕地细碎程度差异对农业经营成本的影响。主要结论如下：

（1）案例区农户家庭耕地细碎的辛普森指数为 0.71，远高于其他地区或国家的 0.47~0.57，地块距离指数为 0.19；户均经营耕地面积 6.19 亩、地块数量 8.89 块，每个地块与家庭相距约 430 m。85.31% 的地块面积不足 1 亩，超过 3 亩的地块数量不足 2%；74.55% 的地块与家庭相距小于 500 m，与家庭相距超过 1000 m 的地块数量约占 6%。可以说，案例区农户耕地细碎特征呈现出“块数多、规模小和距离短”的分布格局；

（2）耕地细碎程度差异对山区农业成本产生显著影响。一般来说，当 *si* 和 *pdi* 每增加一个标准差，单位产量总成本分别提高 33.8% 和 16.6%；具体到各单项成本，耕地细碎程度加剧显著提高了劳动力和种子成本，其中劳动力成本增幅最明显，但限制了机械等省工性技术的采用。按作物类型分析，耕地细碎程度加剧显著提高了玉米和薯类单位产量总成本，而对水稻生产成本并无显著影响。随着山区耕地细碎程度加剧，农户倾向于用更多劳动力替代机械等省工性技术要素，无疑增加了劳动力成本。

3.2 讨论

农业供给侧结构性改革的初衷是降成本和增收入，在山区复杂的地貌类型和耕地过度细碎是机械等省工性技术无法普及的根源。受国家农业补贴政策的调整，近年来粮食价格逐年下调^[33]，导致农业生产中的“天花板”逐渐下压，加之农业劳动力成本的持续上涨，农业生产中的“地板”不断抬升，两者进一步压缩了山区农业的利润空间。在此背景下，耕地净收益快速下降，耕地逐渐面临着较大的撂荒风险^[34-36]。中国科学院对全国 142 个山区县的耕地撂荒抽样调查发现，78.3% 的村庄出现耕地撂荒现象^[36-37]；基于县样

本的统计显示, 2014-2015年全国山区耕地撂荒率达到14.3%^[36]。此外, 山区也存在着大量的土地零租金流转行为, 已有报道显示, 2015年山区土地零租金流转比例已接近80%^[38]。以上现象均说明山区农户的耕地资产价值已不断下降, 如果山区耕地细碎化的格局无法得到有效改善, 耕地边际化、撂荒和零租金流转现象必然会加剧, 耕地资产贬值也将逐渐显现。

基于研究结论得出以下政策启示: 第一, 建立和完善山区农村土地流转市场, 比如建立以乡镇为节点的低成本土地流转网络, 积极推动山区耕地流转和集中; 第二, 鼓励农户或者村庄之间的耕地互换, 扩大地块规模, 减小耕作距离, 促进规模化经营; 第三, 推广和普及适合山区农业操作的微耕机械, 降低劳动力对省工性技术要素的替代作用。

致谢: 感谢西南大学资源环境学院阎建忠研究员对调研数据的支持!

参考文献(References):

- [1] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰. 农业劳动生产率的提高缩小了农村居民收入差距吗?. 自然资源学报, 2018, 33(3): 372-385. [WANG Y H, LI X B, XIN L J. Does the improvement of agricultural labor productivity shrink rural residents' income gap?. Journal of Natural Resources, 2018, 33(3): 372-385.]
- [2] 祝华军, 楼江, 田志宏. 农业种植结构调整: 政策响应、相对收益与农机服务. 农业技术经济, 2018, (1): 111-121. [ZHU H J, LOU J, TIAN Z H. Agricultural planting structure adjustment: Policy response, relative income and agricultural machinery service. Journal of Agrotechnical Economics, 2018, (1): 111-121.]
- [3] DEININGER K, SAVASTANO S, CARLETTO C. Land fragmentation, cropland abandonment and land market operation in Albania. World Development, 2012, 40(10): 2108-2122.
- [4] SHAO J A, ZHANG S C, LI X B. Effectiveness of farmland transfer in alleviating farmland abandonment in mountain regions. Journal of Geographical Sciences, 2016, 26(2): 203-218.
- [5] 李升发, 李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望. 地理学报, 2016, 71(3): 370-389. [LI S F, LI X B. Progress and prospect on farmland abandonment. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(3): 370-389.]
- [6] 甘犁, 尹志超, 谭继军. 中国家庭金融调查报告 2015. 成都: 西南财经大学出版社, 2015. [GAN L, YIN Z C, TAN J J. Chinese Family Financial Report 2015. Chengdu: Southwest University of Finance and Economics Press, 2015.]
- [7] 雷锟, 阎建忠, 何威风. 基于农户尺度的山区耕地撂荒影响因素分析. 西南大学学报: 自然科学版, 2016, 38(7): 149-157. [LEI K, YAN J Z, HE W F. Reasons of cultivated land abandonment in hilly areas based on perspective of farmers. Journal of Southwest University: Natural Science Edition, 2016, 38(7): 149-157.]
- [8] 李秀彬, 谈明洪, 辛良杰. 有必要重启退耕还林工程吗. 中国科学报, 2014-02-28. <http://scitech.people.com.cn/n/2014/0228/c1057-24492527.html>. [LI X B, TAN M H, XIN L J. Is it necessary to restart the project of returning farmland to forest?. China Science Daily, 2014-02-28.]
- [9] 卢华, 胡浩. 土地细碎化增加农业生产成本了吗? 来自江苏省的微观调查. 经济评论, 2015, (5): 129-140. [LU H, HU H. Does land fragmentation increase agricultural production costs? A microscopic investigation from Jiangsu province. Economic Review, 2015, (5): 129-140.]
- [10] 许庆, 田士超, 徐志刚, 等. 农地制度、土地细碎化与农民收入不平等. 经济研究, 2008, (2): 83-92, 105. [XU Q, TIAN S C, XU Z G, et al. Rural land system, land fragmentation and farmer's income inequality. Economic Research Journal, 2008, (2): 83-92, 105.]
- [11] 祖健, 张蚌蚌, 孔祥斌. 西南山地丘陵区耕地细碎化特征及其利用效率: 以贵州省草海村为例. 中国农业大学学报, 2016, 21(1): 104-113. [ZU J, ZHANG B B, KONG X B. Characteristic of cultivated land fragmentation and land use efficiency in Southwest mountainous region: A case study of Caohai village in Guizhou province. Journal of China Agricultural University, 2016, 21(1): 104-113.]
- [12] MANJUNATHA A V, ANIK A R, SPEELMAN S, et al. Impact of land fragmentation, farm size, land ownership and crop diversity on profit and efficiency of irrigated farms in India. Land Use Policy, 2013, 31: 397-405.
- [13] 连雪君, 毛雁冰, 王红丽. 细碎化土地产权、交易成本与农业生产: 来自内蒙古中部平原地区乌村的经验调查. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(4): 86-92. [LIAN X J, MAO Y B, WANG H L. Fragmented land property rights, transaction cost and agricultural production: Based on survey from Wu village of Inner Mongolia Central Plains. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(4): 86-92.]

- [14] KAWASAKI K. The costs and benefits of land fragmentation of rice farms in Japan. *Australian of Agricultural Resource Economics*, 2010, 54(4): 509-526.
- [15] TAN S, HEERINK N, KUYVENHOVEN A, et al. Impact of land fragmentation on rice producers' technical efficiency in South-East China. *Njas-Wageningen Journal of Life Sciences*, 2010, 57(2): 117-123.
- [16] BIZIMANA C, NIEUWOUDT W, FERRER S. Farm size, land fragmentation and economic efficiency in Southern Rwanda. *Agrekon*, 2004, 43(2): 244-262.
- [17] SCHLITZ T W. *The Economic Organization of Agriculture*. New York: McGraw Hill, 1953.
- [18] DEININGER K, MONCHUK D, NAGARAJAN H, et al. Does land fragmentation increase the cost of cultivation? Evidence from India. *Journal of Development Studies*, 2017, 53(1): 82-98.
- [19] WU Z P, LIU Q M, DAVIS J. Land consolidation and productivity in Chinese household crop production. *China Economic Review*, 2005, 16(1): 28-49.
- [20] DEMETRIOU D, STILLWELL J, SEE L. A new methodology for measuring land fragmentation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2013, 39: 71-80.
- [21] 孙雁, 刘友兆. 基于细碎化的土地资源可持续利用评价: 以江西分宜县为例. *自然资源学报*, 2010, 25(5): 802-810. [SUN Y, LIU Y Z. Evaluation of land use sustainability based on land fragmentation: A case on Fengyi county, Jiangxi province. *Journal of Natural Resources*, 2010, 25(5): 802-810.]
- [22] KING R, BURTON S. Land fragmentation: Notes on a fundamental rural spatial problem. *Progress in Geography*, 1982, 6(4): 475-494.
- [23] JABARIN A, EPPLIN F. Impacts of land fragmentation on the cost of producing wheat in the rain-fed region of Northern Jordan. *Agricultural Economics*, 1994, 11(2-3): 191-196.
- [24] 吕晓, 黄贤金, 钟太洋, 等. 中国农地细碎化问题研究进展. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 530-540. [LYU X, HUANG X J, ZHONG T Y, et al. Review on the research of farmland fragmentation in China. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(3): 530-540.]
- [25] 田传浩, 陈宏辉, 贾生华. 农地市场对耕地零碎化的影响: 理论与来自苏浙鲁的经验. *经济学: 季刊*, 2005, 4(2): 769-784. [TIAN C H, CHEN H H, JIA S H. The effect of the rental market on land fragmentation: Theory and evidence from three provinces. *China Economic Quarterly*, 2005, 4(2): 769-784.]
- [26] 卢华, 胡浩. 土地细碎化、种植多样化对农业生产利润和效率的影响分析: 基于江苏农户的微观调查. *农业技术经济*, 2015, (7): 4-15. [LU H, HU H. Influence of land fragmentation, the diversification of agricultural production on profit of agriculture and production efficiency: Based on the microscopic investigation of Jiangsu farmers. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2015, (7): 4-15.]
- [27] NIROULA G, THAPA G. Impacts and causes of land fragmentation, and lessons learned from land consolidation in South Asia. *Land Use Policy*, 2005, 22(4): 358-372.
- [28] RAHMAN S, RAHMAN M. Impact of land fragmentation and resource ownership on productivity and efficiency: The case of rice producers in Bangladesh. *Land Use Policy*, 2009, 26(1): 95-103.
- [29] YUCER A, DEMIRTAS M, KALANLAR S, et al. The importance of creating new inheritance policies and laws that reduce agricultural land fragmentation and its negative impacts in Turkey. *Land Use Policy*, 2016, (56): 1-7.
- [30] 李功奎, 钟甫宁. 农地细碎化、劳动力利用与农民收入: 基于江苏省经济欠发达地区的实证研究. *中国农村经济*, 2006, (4): 42-48. [LI G K, ZHONG F N. Farmland fragmentation, labor utilization and farmers' income: Based on the research on economic less developed areas in Jiangsu province. *Chinese Rural Economy*, 2006, (4): 42-48.]
- [31] 辛良杰, 李秀彬, 谈明洪, 等. 近年来我国普通劳动者工资变化及其对农地利用的影响. *地理研究*, 2011, 30(8): 1392-1400. [XIN L J, LI X B, TAN M H, et al. The rise of ordinary labor wage and its effect on agricultural land use in present China. *Geographical Research*, 2011, 30(8): 1392-1400.]
- [32] WANG Y H, XIN L J, LI X B, et al. Impact of land use rights transfer on household labor productivity: A study applying propensity score matching in Chongqing, China. *Sustainability*, 2017, 9(1): 2-18.
- [33] 甄霖, 王超, 成升魁. 1953-2016年中国粮食补贴政策分析. *自然资源学报*, 2017, 32(6): 904-914. [ZHEN L, WANG C, CHENG S K. Analysis on grain subsidy policy of China from 1953 to 2016. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(6): 904-914.]
- [34] YAN J Z, LI Z H, LI X B, et al. Drivers of cropland abandonment in mountainous areas: A household decision model on farming scale in Southwest China. *Land Use Policy*, 2016, 57: 459-469.
- [35] ZHANG Y, LI X B, SONG W Y. Land abandonment under rural restructuring in China explained from a cost-benefit perspective. *Journal of Rural Studies*, 2016, 47: 524-532.
- [36] LI S F, LI X B, SUN L X, et al. An estimation of the extent of cropland abandonment in mountainous regions of China.

Land Degradation & Development, 2018, 29(5): 1327-1342.

- [37] 李升发, 李秀彬, 辛良杰, 等. 中国山区耕地撂荒程度及空间分布: 基于全国山区抽样调查结果. 资源科学, 2017, 39(10): 1801-1811. [LI S F, LI X B, XIN L J, et al. Extent and distribution of cropland abandonment in Chinese mountainous areas. Resources Science, 2017, 39(10): 1801-1811.]
- [38] WANG Y H, LI X B, XIN L J, et al. Spatiotemporal changes in Chinese land circulation between 2003 and 2013. Journal of Geographical Sciences, 2018, 28(6): 707-724.

Characteristics of cropland fragmentation and its impact on agricultural production costs in mountainous areas

WANG Ya-hui^{1,2}, LI Xiu-bin^{2,3}, XIN Liang-jie²

(1. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China; 2. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Under the background of the continuous increase of agricultural cost and the wide use of labor-saving technology, in the mountainous areas, cropland fragmentation has gradually become a key factor to curb the increase of farmers' income. The clarification of the degree of cropland fragmentation and its impact on agricultural production cost has guiding value for reducing agricultural costs. Degree of cropland fragmentation was measured from the perspective of land ownership and spatial distribution, and the semi-logarithm econometric models were developed to evaluate the impact of land fragmentation on agricultural costs based on the field survey data of 1015 farm households in counties of Wulong, Wushan and Youyang of Chongqing, China. The results showed that the cultivated land in the study areas was severely fragmented, with the Simpson Index and the Plot Distance Index being 0.71 and 0.19, respectively. The cropland area per farm household was 6.19 mu, the number of parcels was 8.89 and the distance between the parcels and families was about 430 m, the characteristics of cropland fragmentation demonstrated "more parcels, small scale and short distance". The increased degree of cropland fragmentation has improved the production cost of agriculture. When the Simpson Index and the Plot Distance Index increased by one standard deviation, the total cost per unit of production increased by 33.8% and 16.6%, respectively. To be specific, the increased degree of land fragmentation has significantly increased labor, fertilizer and seed costs, while limiting the use of machinery and other factors. The study further found the heterogeneity in the impact of land fragmentation on production costs in different crops. In addition, high-quality cropland can alleviate the cost increase caused by the fragmentation of the plots, while expanding the scale of the plots will help to reduce production costs. The policy enlightenment was that reducing agricultural operation costs was an important measure to alleviate the cropland abandonment in mountainous areas. The government should establish a low-cost cropland transfer network and encourage land exchange between farmers or villages to expand the size of the plots and reduce the distance of cultivation, and the government should also promote the wide use of micro-farming machinery suitable for mountain agriculture.

Keywords: cropland fragmentation; mountainous area; agricultural cost; land abandonment; land circulation